

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-252660
 (43)Date of publication of application : 03.10.1995

(51)Int.CI.

C23C 16/44
 C23C 16/34
 C23C 16/40
 H01L 21/203
 H01L 21/205

(21)Application number : 06-181857
 (22)Date of filing : 11.07.1994

(71)Applicant : RIKAGAKU KENKYUSHO
 (72)Inventor : KUMAGAI HIROSHI
 TOYODA KOICHI

(30)Priority

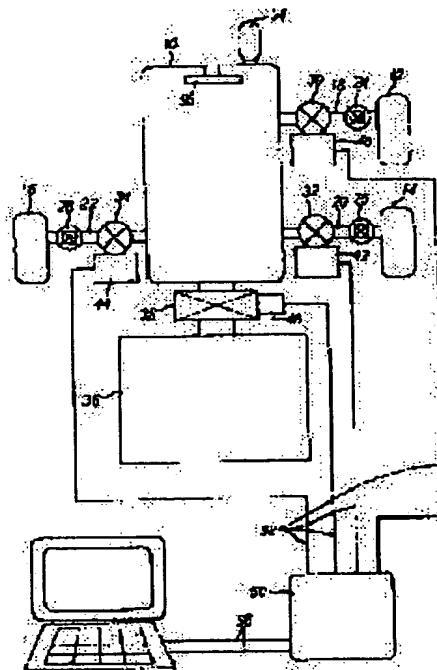
Priority number : 06 18871 Priority date : 19.01.1994 Priority country : JP

(54) PRODUCTION OF THIN FILM AND DEVICE THEREFOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To form a thin film uniform in thickness and film quality and having large surface area with high precision by alternately introducing a reactive vapor of an oxidizing agent or the like and a vapor of a metal or a non-metal compound into a vacuum vessel to execute adsorption and chemical reaction on the surface of a material.

CONSTITUTION: The material on which the thin film is to be formed is set on a holder 56 in the vacuum vessel 10 evacuated to a prescribed pressure by a vacuum pump 36. The vapor of the oxidizing agent, a halogenating agent, a sulfidizing agent, a selenizing agent, a telluriding agent, a nitriding agent or the like and the vapor of the metal or the non-metallic compound are alternately introduced thereinto from vessels 12, 14, 16, etc., at least respectively one time, if necessary, with the change of the kind. The thin film is formed on the surface of the material by the adsorption and the chemical reaction of these vapors on the surface. In this case, the thickness of the thin film is automatically controlled in atomic dimension size by heating the material to a prescribed temp. with a heating means to exhibit the self-stoppage function of adsorption of the vapor molecule. As a result, a multilayered film of an optical device used in hard X-ray region is formed with high precision.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.05.2001
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number]
 [Date of registration]
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-252660

(43)公開日 平成7年(1995)10月3日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
C 23 C 16/44	D			
16/34				
16/40				
H 01 L 21/203	Z 8719-4M			
21/205				

審査請求 未請求 請求項の数8 FD (全21頁)

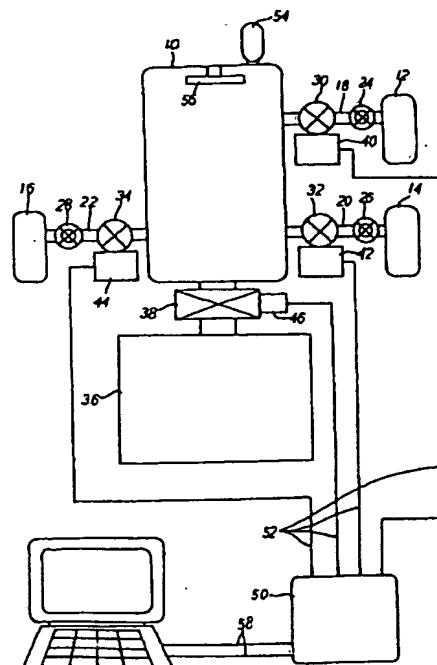
(21)出願番号	特願平6-181857	(71)出願人	000006792 理化学研究所 埼玉県和光市広沢2番1号
(22)出願日	平成6年(1994)7月11日	(72)発明者	熊谷 寛 埼玉県和光市広沢2番1号 理化学研究所 内
(31)優先権主張番号	特願平6-18871	(72)発明者	豊田 浩一 埼玉県和光市広沢2番1号 理化学研究所 内
(32)優先日	平6(1994)1月19日	(74)代理人	弁理士 上島 淳一
(33)優先権主張国	日本 (J P)		

(54)【発明の名称】 薄膜の製造方法およびその製造装置

(57)【要約】

【目的】膜厚、膜質が大面積にわたって均一な薄膜を、硬X線領域において使用される光学素子の多層膜を作製可能な高精度で基板などの物体表面に形成することができる薄膜の製造方法およびその製造装置を提供する。

【構成】真空容器10内に薄膜を形成すべき物体をセットし、この真空容器10内を所定の圧力以下に減圧した後に、酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気と金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気とを、交互に少なくとも1回づつ減圧した真空容器10内に導入して物体表面で吸着および化学反応させ、物体表面に薄膜を形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 真空容器内に薄膜を形成すべき物体をセットし、

前記真空容器内を所定の圧力以下に減圧した後に、酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気と金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気と、交互に少なくとも1回づつ減圧した前記真空容器内に導入して前記物体表面で吸着および化学反応させ、前記物体表面に薄膜を形成することを特徴とする薄膜の製造方法。

【請求項 2】 真空容器内に薄膜を形成すべき物体をセットし、

前記真空容器内を所定の圧力以下に減圧した後に、酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気と、金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気と、交互に少なくとも1回づつ減圧した前記真空容器内に導入して前記物体表面で吸着および化学反応させ、前記物体表面に第一の薄膜を形成する第一の工程と、

前記真空容器内を所定の圧力以下に減圧した後に、酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気と、前記金属化合物蒸気もしくは前記非金属化合物蒸気と異なる種類の金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気と、交互に少なくとも1回づつ減圧した前記真空容器内に導入して前記物体の表面で吸着および化学反応させ、前記物体表面に第二の薄膜を形成する第二の工程と、

少なくとも1回以上繰り返して、前記物体表面に前記第一の薄膜と前記第二の薄膜とを層状に堆積して多層膜を形成することを特徴とする薄膜の製造方法。

【請求項 3】 前記第一の工程と前記第二の工程における金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気の少なくともどちらか一方の種類を、工程毎に変更して前記第一の工程と前記第二の工程とを繰り返すことにより、前記物体表面に複数の異なる種類の薄膜を層状に堆積して多層膜を形成する請求項2記載の薄膜の製造方法。

【請求項 4】 前記吸着および化学反応中において前記物体を所定の温度で加熱処理することにより、前記物体表面での前記酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気および前記金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気の分子の吸着の自己停止機能を発現させ、前記物体表面に形成される薄膜の膜厚を自動的に原子寸法サイズで制御する請求項1、2または3のいずれか1項に記載の薄膜の製造方法。

【請求項 5】 前記第一の薄膜として、酸化剤あるいは窒化剤の蒸気と、金属化合物蒸気として銅、ニッケル、鉄、マンガンあるいはクロムの化合物蒸気とを用いて、銅、ニッケル、鉄、マンガンあるいはクロムの酸化物薄膜あるいは窒化物薄膜を形成し、前記第二の薄膜として、酸化剤あるいは窒化剤の蒸気と、金属化合物蒸気と

してスカンジナビウム、マグネシウム、インジウム、ベリリウムあるいはチタニウムの化合物蒸気とを用いて、スカンジナビウム、マグネシウム、インジウム、ベリリウムあるいはチタニウムの酸化物薄膜あるいは窒化物薄膜を形成する請求項2または3のいずれか1項に記載の薄膜の製造方法。

【請求項 6】 薄膜を形成すべき物体がセットされる真空容器と、

前記真空容器内を所定の圧力以下に減圧する真空ポンプと、

一もしくは二以上の酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気を前記真空容器内へ導入するための第一の導入手段と、

金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気を前記真空容器内へ導入するための第二の導入手段と、

前記第一の導入手段に配設された第一の弁機構と、前記第二の導入手段に配設された第二の弁機構と、

前記第一の弁機構および前記第二の弁機構を制御して、前記第一の導入手段から前記真空容器内への前記酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気の導入および前記第二の導入手段から前記真空容器内への前記金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気の導入をそれぞれ制御する制御手段とを有することを特徴とする薄膜の製造装置。

【請求項 7】 前記第二の導入手段を前記金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気の種類毎にそれぞれ配設するとともに、前記第二の導入手段に対応して前記第二の弁機構を備えた請求項6記載の薄膜の製造装置。

【請求項 8】 前記真空容器内にセットされた前記物体を所定の温度に加熱する加熱手段を備えた請求項6または7のいずれか1項に記載された薄膜の製造装置。

【発明の詳細な説明】
【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、薄膜の製造方法およびその製造装置に関し、さらに詳細には、物体の表面に、良質な金属酸化物や非金属酸化物などの薄膜を単層で形成したり、あるいは、物体の表面に、良質な金属酸化物や非金属酸化物などの薄膜と、これら良質な金属酸化物や非金属酸化物などと異なる種類の良質な金属酸化物や非金属酸化物などの薄膜とを交互に形成し、膜厚、膜質が大面積にわたって均一な多層膜を形成する際に用いて好適な薄膜の製造方法およびその製造装置に関する。

【0002】
【従来の技術】現在、波長が約4000オングストローム乃至7000オングストロームの可視光領域はもとより、波長が約7000オングストローム以上の赤外線領域あるいは波長が約100オングストローム乃至4000オングストロームの紫外線領域（約100オングストローム乃至1000オングストローム：極端紫外領域、約10000オングストローム乃至20000オングストロ

ーム：真空紫外領域、約2000オングストローム乃至4000オングストローム（紫外領域）において使用することのできる光学素子が開発されており、こうした光学素子は一般的に多層膜により形成された多層膜光学素子であるため、膜厚、膜質が大面積にわたって均一な多層膜を精度よく形成する薄膜製造技術の重要性が認識されている。

【0003】また、波長が約100オングストロームの以下のX線領域において使用することのできる光学素子もあり、3オングストローム乃至100オングストローム程度の波長の軟X線領域において使用される光学素子としては、軟X線用多層膜を形成した多層膜光学素子が開発されていて、こうした多層膜光学素子における軟X線用多層膜は、電子ビーム蒸着法、マグネットロン・スパッタ法、イオン・ビーム・スパッタ法などの薄膜製造技術により作成されてきた。

【0004】これらの薄膜製造技術のうち電子ビーム蒸着法は、高真空中で金属または非金属の小片に電子ビームを照射し、当該金属または非金属の小片を加熱、融解させて、蒸散した元素や化合物を基板に薄膜として凝着させるという薄膜製造方法である。

【0005】また、マグネットロン・スパッタ法は、金属または非金属の小片を低気圧中でマグネットロン放電により加熱またはイオン衝撃させ、加熱による蒸発またはイオン衝撃による衝突によって原子を気体中に飛散させ、基板に薄膜として付着させる薄膜製造方法である。

【0006】さらに、イオン・ビーム・スパッタ法は、金属または非金属の小片に、電子サイクロトロン共鳴方式などのイオン源からのイオンを照射して加熱またはイオン衝撃させ、加熱による蒸発またはイオン衝撃による衝突によって原子を気体中に飛散させ、基板に薄膜として付着させる薄膜製造方法である。

【0007】さらに、3オングストローム以下の波長の硬X線領域において使用される光学素子も存在する。ところが、硬X線領域において使用される光学素子を多層膜光学素子により実現する場合には、膜厚が1オングストローム乃至2オングストローム程度の極めて薄い薄膜を製作する必要があるが、こうした薄膜を製作するためには、膜厚を制御する高精度の膜厚制御手段はこれまで知られていないかった。

【0008】このため、硬X線領域において使用される光学素子は多層膜を形成した光学素子ではなく、硬X線領域の波長が結晶を構成する原子の原子間距離と近いところから、結晶が光学素子として使用されている。そして、こうした結晶を使用した光学素子としては、結晶モノクロメーターなどが知られている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記したように、3オングストローム以下の波長の硬X線領域において使用さ

れる光学素子としては結晶が用いられてきたが、点光源から放射された硬X線を再び集光するためには結晶に適当な湾曲を持たせる必要がある。しかしながら、結晶にこうした湾曲を持たせることは極めて困難であり、結晶に代わる光学素子として、容易に湾曲した形状を得ることのできる多層膜光学素子の開発が強く望まれていた。

【0010】また、3オングストローム乃至100オングストローム程度の波長の軟X線領域において使用される多層膜光学素子においては、上記した電子ビーム蒸着法、マグネットロン・スパッタ法あるいはイオン・ビーム・スパッタ法などを用いて多層膜を製造しているため、以下のような問題点が指摘されていた。

【0011】即ち、上記した電子ビーム蒸着法、マグネットロン・スパッタ法あるいはイオン・ビーム・スパッタ法などは、微小領域からの蒸散もしくはスパッタリングにより基板に薄膜を成膜するため、薄膜が形成される対向する基板上においては、当該微小領域から離れる周辺部へ向かうにつれて膜厚が薄くなってしまい、そのため基板上に大面積にわたって膜厚、膜質とともに均一に着膜することは極めて困難であった。

【0012】また、上記した電子ビーム蒸着法、マグネットロン・スパッタ法あるいはイオン・ビーム・スパッタ法などの堆積法では、電子ビーム蒸着法においては電子ビームの安定性が、またマグネットロン・スパッタ法においてはマグネットロン放電の安定性が、さらにイオン・ビーム・スパッタ法においてはイオン・ビームの安定性が重要であり、その安定度によって堆積中の成膜速度が変化するので、堆積中の成膜速度を一定に維持することは困難であった。

【0013】このため、堆積している膜厚を高精度で制御するためには、in-situエリブソーメータなどによって堆積中の膜厚を高精度でモニターする必要があった。

【0014】さらに、上記した電子ビーム蒸着法、マグネットロン・スパッタ法あるいはイオン・ビーム・スパッタ法などでは、蒸散もしくはスパッタリングする対象が化合物ではなくて、金属もしくは非金属元素そのものであったため、基板上に作製された多層膜の表面が容易に変質される恐れがあるという問題点があった。

【0015】また、波長が約100オングストローム以上の光（紫外線領域、可視光領域および赤外線領域）に使用される多層膜光学素子においても、より精度の高い薄膜の製造技術の開発が望まれている。

【0016】本発明は、上記したような種々の要望ならびに従来の技術の有する問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、膜厚、膜質が大面積にわたって均一な薄膜を、硬X線領域において使用される光学素子の多層膜を作製可能な高精度で基板などの物体表面に形成することのできる薄膜の製造方法およびその製造装置を提供しようとするものである。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するためには、本発明による薄膜の製造方法は、真空容器内に薄膜を形成すべき物体をセットし、この真空容器内を所定の圧力以下に減圧した後に、酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気と金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気とを、交互に少なくとも1回づつ減圧した真空容器内に導入して物体表面で吸着および化学反応させ、物体表面に薄膜を形成するようにしたものである。

【0018】上記薄膜の製造方法により物体上に多層膜を形成するには、真空容器内に多層膜を構成する薄膜を形成すべき物体を適切な温度でセットし、真空容器内を所定の圧力以下に減圧した後に、酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気と金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気とを、交互に少なくとも1回づつ減圧した真空容器内に導入して物体表面で吸着および化学反応させ、物体表面に第一の薄膜を形成する。次ぎに、酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気と上記金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気と異なる種類の金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気とを、交互に少なくとも1回づつ減圧した真空容器内に導入して物体表面で吸着および化学反応を起こさせ、物体表面に第二の薄膜を形成する。

【0019】このようにして、例えば高反射率を必要とするX線領域などの所望の波長領域で異なる屈折率を有する二種類の薄膜を物体上に層状に堆積させる。そして、上記した操作を少なくとも1回以上繰り返すことにより、物体上に多層膜を形成させるものである。

【0020】また、上記した薄膜の製造方法において、薄膜を形成すべき物体を反応中適切な温度で加熱処理することにより、物体表面での酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気および金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気の分子の吸着の自己停止機能を発現させ、薄膜の膜厚を自動的に原子寸法サイズで制御することができるようにもよい。

【0021】なお、上記した薄膜の製造方法の実施は、室温もしくは低温において行ってよい。

【0022】一方、本発明による薄膜の製造装置は、薄膜を形成すべき物体がセットされる真空容器と、この真空容器内を所定の圧力以下に減圧する真空ポンプと、一もしくは二以上の酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気を真空容器内へ導入するための第一の導入手段と、金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気を真空容器内へ導入するための第二の導入手段と、第一の導入手段に配設された第一の弁機構と、第二の導入手段に配設された第二の弁機構と、第一の弁機構および第二の弁機構を制御して、第一

の導入手段から真空容器内への酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気の導入および第二の導入手段から真空容器内への金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気の導入をそれぞれ制御する制御手段とを有するようにした。

【0023】また、この薄膜の製造装置は、第二の導入手段を金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気の種類毎にそれぞれ配設するとともに、第二の導入手段に対応して第二の弁機構を備えるようにしてよく、このように構成すると、複数種類の薄膜を物体に層状に形成して多層膜を作製することができる。

【0024】さらに、真空容器内にセットされた物体を所定の温度に加熱する加熱手段を備えるようにして、薄膜を形成すべき物体を反応中適切な温度で加熱処理することにより、物体表面での酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気および金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気の分子の吸着の自己停止機能を発現させ、薄膜の膜厚を自動的に原子寸法サイズで制御することができるようにもよい。

【0025】

【作用】本発明によれば、金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気により物体上に金属化合物もしくは非金属化合物を堆積させるものであるため、薄膜の膜厚、膜質が大面積にわたって均一になる。

【0026】また、薄膜が金属もしくは非金属元素そのものではなく化合物であるため、物体上に形成された薄膜の表面が変質される恐れはない。

【0027】即ち、本発明によれば、交互に真空容器内に導入された金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気と酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気とが、それぞれ物体の表面に吸着および反応し、物体の表面に金属または非金属の酸化物薄膜、ハロゲン化物薄膜、硫化物薄膜、セレン化物薄膜、テルル化物薄膜もしくは窒化物薄膜などの化合物薄膜が形成されることになる。

【0028】このようにして形成される金属または非金属の酸化物薄膜、ハロゲン化物薄膜、硫化物薄膜、セレン化物薄膜、テルル化物薄膜もしくは窒化物薄膜などの化合物薄膜は、単に金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気の導入量と酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気の導入量、即ち、これらを交互に導入する1サイクル(図2参照)における導入量あるいは蒸気導入のサイクル数を適当に選択することによって、容易に制御することができるから、所望の厚さの金属または非金属の酸化物薄膜、ハロゲン化物薄膜、硫化物薄膜、セレン化物薄膜、テルル化物薄膜もしくは窒化物薄膜などの化合物薄膜を、原子寸法サイズの精度で物体の表面に形成することが可能になる。

【0029】また、各サイクルにおける金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気の導入時間と酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気の導入時間とを制御することにより、金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気および酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気の分子を、極めて微細な間隙に入り込むようにすることができるから、如何なる形状の物体に対しても、所望の膜厚の金属または非金属の酸化物薄膜、ハロゲン化物薄膜、硫化物薄膜、セレン化物薄膜、テルル化物薄膜もしくは窒化物薄膜などの化合物薄膜を、原子寸法レベルで形成することができる。

【0030】さらに、屈折率の異なる金属または非金属の酸化物薄膜、ハロゲン化物薄膜、硫化物薄膜、セレン化物薄膜、テルル化物薄膜もしくは窒化物薄膜などの化合物薄膜を交互に堆積することによって、所望の波長で高反射率の得られる多層膜を原子寸法レベルで形成することができるので、硬X線用の多層膜光学素子の製造が可能となる。

【0031】さらに、多層膜を形成すべき物体を反応中適切な温度で加熱処理することにより、表面での酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気および金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気の分子の吸着の自己停止機能を発現させると、膜厚を自動的に原子寸法サイズで制御することができる。そのため、薄膜製造時において、in-situエリプソメータなどによって高精度に膜厚をモニターする必要がない。

【0032】従って、本発明によれば、膜厚を原子寸法サイズの高精度で制御して、膜厚、膜質が大面積にわたって均一な薄膜を形成することができるので、従来不可能であった直入射光学系を構成することができ、X線顕微鏡、X線レーザー、シンクロトロン放射光、プラズマ計測あるいはX線リソグラフィーなどに用いる高反射率を有する大面積の多層膜光学素子を製造することができる。

【0033】また、斜め入射においても、多層膜の干渉効果の入射角依存性を利用した反射型フィルターや、偏光特性を利用した偏光素子の製造も可能になる。

【0034】さらに、フリー・スタンディング状態にすることによって、透過型の光学素子の製造も可能になる。

【0035】特に、上記において、酸化剤あるいは窒化剤の蒸気と、金属化合物蒸気として銅、ニッケル、鉄、マンガンあるいはクロムの化合物蒸気とを用いて、銅、ニッケル、鉄、マンガンあるいはクロムの酸化物薄膜あるいは窒化物薄膜を形成し、また、酸化剤あるいは窒化剤の蒸気と、金属化合物蒸気としてスカンジナビウム、マグネシウム、インジウム、ベリリウムあるいはチタニウムの化合物蒸気とを用いて、スカンジナビウム、マグネシウム、インジウム、ベリリウムあるいはチタニウムの酸化物薄膜あるいは窒化物薄膜のグループからいずれかを選択し、ス

ネシウム、インジウム、ベリリウムあるいはチタニウムの酸化物薄膜あるいは窒化物薄膜を形成し、これら銅、ニッケル、鉄、マンガンあるいはクロムの酸化物薄膜あるいは窒化物薄膜のグループからいずれかを選択し、スカンジナビウム、マグネシウム、インジウム、ベリリウムあるいはチタニウムの酸化物薄膜あるいは窒化物薄膜のグループからいずれかを選択して組み合わせて（組み合わせとしては、銅、ニッケル、鉄、マンガン、クロムの酸化物薄膜（5種類）と銅、ニッケル、鉄、マンガン、クロムの窒化物薄膜（5種類）とからなるグループ（全部で10種類（=5種類+5種類））からいずれか一つ選択し、スカンジナビウム、マグネシウム、インジウム、ベリリウム、チタニウムの酸化物薄膜（5種類）とスカンジナビウム、マグネシウム、インジウム、ベリリウム、チタニウムの窒化物薄膜（5種類）とからなるグループ（全部で10種類（=5種類+5種類））からいずれか一つ選択して、それらを組み合わせればよいので、全部で「100種類（=10種類×10種類）」ある。）、多層膜を形成することにより、100オングストローム以下の軟X線波長での多層膜ミラー、フィルター、偏光素子あるいはニュートロン素子に用いて好適な多層膜を形成することができる。

【0036】

【実施例】以下、図面に基づいて、本発明による薄膜の製造方法およびその製造装置の実施例を詳細に説明するものとする。

【0037】図1には、本発明による薄膜の製造装置の一実施例が示されている。この薄膜の製造装置は、内部が真空状態に維持される真空容器10と、第一の金属化合物蒸気または非金属化合物蒸気を収容する第一の容器12と、第一の容器12内に収容された金属化合物蒸気または非金属化合物蒸気と異なる種類の第二の金属化合物蒸気または非金属化合物蒸気を収容する第二の容器14と、酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気を収容する第三の容器16とを備えている。

【0038】これら第一の容器12、第二の容器14ならびに第三の容器16と真空容器10とは、ステンレスからなる蒸気供給管18、20、22によりそれぞれ連通可能に接続されている。

【0039】また、蒸気供給管18、20、22には、それぞれ流量制御弁24、26、28および電磁弁30、32、34が設けられている。

【0040】一方、真空容器10には、真空ポンプ36がゲート・バルブ38を介して接続されている。

【0041】さらに、電磁弁30、32、34およびゲート・バルブ38には、それぞれアクチュエータ40、42、44、46が設けられている。そして、これらのアクチュエータ40、42、44、46は、コンピュータ5048によって開閉制御される電磁弁30、32、34および

よりゲート・バルブ38の駆動ユニット50と接続ケーブル52によって接続され、コンピュータ48によって指示される所定のタイミングで、電磁弁30、32、34およびゲート・バルブ38をそれぞれ開閉する。

【0042】なお、符号54は真空計であり、符号56は薄膜を形成すべき物体を保持するためのホルダーであり、符号58はコンピュータ48と駆動ユニット50とを接続するための接続ケーブルである。

【0043】以上のように構成された薄膜の製造装置によって、物体表面に金属または非金属の酸化物薄膜、ハロゲン化物薄膜、硫化物薄膜、セレン化物薄膜、テルル化物薄膜もしくは窒化物薄膜などの化合物薄膜により構成される多層膜を形成する場合には、まず多層膜を構成する薄膜を形成すべき物体を、真空容器10内にセットする。この際に、物体の形状に応じて、当該物体をホルダー56に保持するようにしても良いし、あるいは、単に物体を真空容器10内に載置するようにしてもよい。

【0044】次いで、ゲート・バルブ38を開き、真空ポンプ36によって真空容器10内の圧力を 10^{-3} Pa以下に減圧する。なお、真空容器10内の圧力は、真空計54によって測定する。

【0045】その後に、多層膜を構成する薄膜として第一の薄膜および第二の薄膜を作製することになる。以下に、第一の薄膜および第二の薄膜の作製操作を図1ならびに図2を参照しながら説明するとともに、第一の薄膜および第二の薄膜を層状に堆積させて多層膜を形成する操作に関して説明する。

【0046】【第一の薄膜の作製操作：第一の工程】まず、電磁弁30を開き、第一の容器12に収容されている第一の金属化合物蒸気または非金属化合物蒸気を、真空容器10内の圧力が 10^{-2} Pa以上になるまで導入し、電磁弁30を所定時間開いたままの状態で保持する。これにより、物体の表面に第一の金属化合物蒸気または非金属化合物蒸気の分子が吸着する。

【0047】次いで、電磁弁30を閉じた後に、真空ポンプ36によって真空容器10内の圧力が 10^{-3} Pa以下になるまで第一の金属化合物蒸気または非金属化合物蒸気を排気する。

【0048】真空容器10内の圧力が 10^{-3} Pa以下になると、電磁弁34を開き、第三の容器16に収容されている酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気を、真空容器10内の圧力が 10^{-2} Pa以上になるまで導入し、電磁弁34を所定時間開いたままの状態で保持する。これにより、物体の表面に酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気の分子が吸着する。

【0049】ここにおいて、物体の表面には、既に第一の金属化合物蒸気または非金属化合物蒸気の分子が吸着しているから、酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気の分子の吸着に

より、表面での化学反応が生じ、物体の表面に金属もしくは非金属の酸化物薄膜、ハロゲン化物薄膜、硫化物薄膜、セレン化物薄膜、テルル化物薄膜もしくは窒化物薄膜などの化合物薄膜（第一の薄膜）が形成される。

【0050】次いで、電磁弁34を閉じた後に、真空ポンプ36によって真空容器10内の圧力が 10^{-3} Pa以下になるまで酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気を排気する。

【0051】以上により、第一の薄膜作製の工程たる第一の工程の1サイクルが終了し、必要とされる第一の薄膜の膜厚に応じて、上記第一の工程を複数サイクル数繰り返し行う。

【0052】上記のようにして形成された第一の薄膜の膜厚は、単に真空容器10への第一の金属化合物蒸気または非金属化合物蒸気の導入量および酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気の導入量、即ち、これらを交互に導入する1サイクルにおける導入量あるいは蒸気導入のサイクル数を適当に選択して制御することにより、原子寸法サイズの精度で所望の厚さに制御できるようになる。

【0053】また、各サイクルにおける第一の金属化合物蒸気または非金属化合物蒸気の導入時間と酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気の導入時間とを制御することにより、第一の金属化合物蒸気または非金属化合物蒸気および酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気の分子が、物体の極めて微細な間隙にも入り込むようにすることができるから、如何なる形状、例えば、湾曲した形状などの物体に対しても、第一の薄膜を原子寸法サイズの精度で所望の膜厚に制御して形成することができるようになる。

【0054】また、後に詳述するように、物体を反応中適切な温度で加熱処理することにより、表面での酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気および第一の金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気の分子の吸着の自己停止機能を発現でき、膜厚を自動的に原子寸法サイズの精度で制御することができる。

【0055】なお、上記した第一の工程のみを行って物体の表面に第一の薄膜のみを形成すると、物体の表面に単層の薄膜が形成されることになる。

【0056】【第二の薄膜の作製操作：第二の工程】次に、上記のようにして作製した第一の薄膜の表面に付着される第二の薄膜の製造に関して説明する。

【0057】真空容器10内の圧力が 10^{-3} Pa以下になると、電磁弁32を開き、第二の容器14に収容されている第二の金属化合物蒸気または非金属化合物蒸気を、真空容器10内の圧力が 10^{-2} Pa以上になるまで導入し、電磁弁32を所定時間開いたままの状態で保持する。これにより、物体の表面に第二の金属化合物蒸気

または非金属化合物蒸気の分子が吸着する。

【0058】次いで、電磁弁32を閉じた後に、真空ポンプ36によって真空容器10内の圧力が 10^{-3} Pa以下になるまで第二の金属化合物蒸気または非金属化合物蒸気を排気する。

【0059】真空容器10内の圧力が 10^{-3} Pa以下になると、電磁弁34を開き、第三の容器16に収容されている酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気を、真空容器10内の圧力が 10^{-3} Pa以上になるまで導入し、電磁弁34を所定時間開いたままの状態で保持する。これにより、物体の表面に酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気の分子が吸着する。

【0060】ここにおいて、物体の表面には、既に第二の金属化合物蒸気または非金属化合物蒸気の分子が吸着しているから、酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気の分子の吸着により、表面での化学反応が生じ、物体の表面に第一の薄膜（第一の金属もしくは非金属の酸化物薄膜、ハロゲン化物薄膜、硫化物薄膜、セレン化物薄膜、テルル化物薄膜もしくは窒化物薄膜などの化合物薄膜）とは異なる種類の第二の金属もしくは非金属の酸化物薄膜、ハロゲン化物薄膜、硫化物薄膜、セレン化物薄膜、テルル化物薄膜もしくは窒化物薄膜などの化合物薄膜（第二の薄膜）が形成される。

【0061】次いで、電磁弁34を閉じた後に、真空ポンプ36によって真空容器10内の圧力が 10^{-3} Pa以下になるまで酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気を排気する。

【0062】以上により、第二の薄膜作製の工程たる第二の工程の1サイクルが終了し、必要とされる第二の薄膜の膜厚に応じて、上記第二の工程を複数サイクル数繰り返し行う。

【0063】上記のようにして形成された第二の薄膜の膜厚は、単に真空容器10への第二の金属化合物蒸気または非金属化合物蒸気の導入量および酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気の導入量、即ち、これらを交互に導入する1サイクルにおける導入量あるいは蒸気導入のサイクル数を適当に選択して制御することにより、原子寸法サイズの精度で所望の厚さに制御できるようになる。

【0064】また、各サイクルにおける第二の金属化合物蒸気または非金属化合物蒸気の導入時間と酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気の導入時間とを制御することにより、第二の金属化合物蒸気または非金属化合物蒸気および酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気の分子が、物体の極めて微細な間隙にも入り込むようにすることができるから、如何なる形状、例えば、湾曲した形状などの物体に対しても、第二

の薄膜を原子寸法サイズの精度で所望の膜厚に制御して形成することができるようになる。

【0065】また、後に詳述するように、物体を反応中適切な温度で加熱処理することにより、表面での酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤の蒸気および第二の金属化合物蒸気もしくは非金属化合物蒸気の分子の吸着の自己停止機能を発現でき、第二の薄膜の膜厚を自動的に原子寸法サイズの精度で制御することができる。

10 【0066】【第一の薄膜と第二の薄膜との交互堆積】次に、上記のようにして作製した第一の薄膜と第二の薄膜とを、交互に堆積させる操作について説明する。

【0067】上記した第一の薄膜の作製操作の第一の工程と上記した第二の薄膜の作製操作の第二の工程とを交互に繰り返すことにより、屈折率の異なる金属または非金属の酸化物薄膜、ハロゲン化物薄膜、硫化物薄膜、セレン化物薄膜、テルル化物薄膜もしくは窒化物薄膜などの化合物薄膜を交互に堆積でき、所望の波長で高反射率の得られる光学素子用の多層膜が得られる。しかも、多層膜の膜厚を原子寸法レベルで制御して形成することができるので、波長3オングストローム以下の硬X線用の多層膜光学素子に使用可能な多層膜を作製することができるようになる。

【0068】次に、実験例を説明することとする。

【0069】【酸化アルミニウム薄膜の作製および酸化アルミニウム薄膜の自己停止機能】まず、第一の金属もしくは非金属の酸化物薄膜、ハロゲン化物薄膜、硫化物薄膜、セレン化物薄膜、テルル化物薄膜もしくは窒化物薄膜などの化合物薄膜として、硬X線用光学素子に使用可能な多層膜の第一の薄膜を構成する酸化アルミニウム薄膜の作製および酸化アルミニウム薄膜の自己停止機能に関して説明する。

【0070】有機溶剤、純水の順に超音波洗浄し、さらに4.7重量%の弗酸に15秒間浸し超純水で洗い流すことにより洗浄を行った、直径200mm、長さ300mmのSUS316製の円筒容器（真空容器10）内に、乾燥窒素を用いて乾燥させた（100）面方位のシリコン基板（薄膜を形成する物体としての基板）をセットし、200リットル/秒の真空ポンプ36を用いて、40 多層膜の第一の薄膜を構成する酸化アルミニウム薄膜を形成した。

【0071】まず、真空ポンプ36により、真空容器10内を「 1.3×10^{-4} Pa」にまで減圧し、その後に、第一の容器12から真空容器10内にトリメチルアルミニウム（TMA）蒸気を1秒間導入して、真空容器10内の圧力を「 1.3×10^{-2} Pa」に上昇させたあと、真空ポンプ36により2秒間排気して真空容器10内を「 1.3×10^{-4} Pa」にまで減圧する。

【0072】さらに、第三の容器16から真空容器10内に過酸化水素水蒸気を1秒間導入して、真空容器10

内の圧力を「 1.3×10^{-1} Pa」に上昇させた後に、真空ポンプ36により2秒間排気して真空容器10内を「 1.3×10^{-1} Pa」にまで減圧する。

【0073】上記サイクルを繰り返したところ、15分間で150サイクルの酸化アルミニウム薄膜が形成されたことが、in-situエリプソメータの解析から判明した。

【0074】図3に、酸化アルミニウム薄膜の成長速度の基板温度依存性を示す。基板は赤外線加熱装置によって所定の温度に加熱した。図3に示されているように、基板温度(T_{sub})が室温から 750°C までにわたって、成長速度(Growth

【0075】Rate)がほぼ 0.1 nm/cycle と一定になることが判明した。成長速度がほぼ一定になることは、幅広い基板温度に対して原料の吸着過程に自己停止機能があることを示しており、成長速度が表面での熱分解によって支配されていないことを示している。

【0076】また、図4には、観察開始2分後にTMA蒸気の導入を開始し、その後TMA蒸気と過酸化水素水蒸気とを1分毎に交互に20秒間づつ導入した場合(図5(A)参照)における膜厚の変化Aと、TMA蒸気のみを2分毎に20秒間づつ導入した場合(図5(B)参照)における膜厚の変化Bとを、in-situエリプソメータを用いて観察した結果が示されている。

【0077】この図4に示されているように、変化AにおいてはTMA蒸気の導入時に膜厚増加の大きなジャンプが見られるが、変化Bにおいては薄膜の厚さがほぼ一定である。

【0078】即ち、TMAは過酸化水素水と化合することにより膜厚を増加できるが、TMAのみでは自己停止機能が働いて、自己停止機能が働いた時点で膜厚の堆積が禁止されていることを示している。

【0079】【酸化チタン薄膜の作製および酸化チタン薄膜の自己停止機能】次に、第二の金属もしくは非金属の酸化物薄膜、ハロゲン化物薄膜、硫化物薄膜、セレン化物薄膜、テルル化物薄膜もしくは窒化物薄膜などの化合物薄膜として、硬X線用光学素子に使用可能な多層膜の第二の薄膜を構成する酸化チタン薄膜の作製および酸化チタン薄膜の自己停止機能に関して説明する。

【0080】有機溶剤、純水の順に超音波洗浄し、さらに4.7重量%の弗酸に15秒間浸し超純水で洗い流すことにより洗浄を行った、直径200mm、長さ300mmのSUS316製の円筒容器(真空容器10)内に、乾燥窒素を用いて乾燥させた(100)面方位のシリコン基板(薄膜を形成する物体としての基板)をセットリし、基板温度を 300°C 乃至 500°C にして、200リットル/秒の真空ポンプ36を用いて、酸化アルミニウム薄膜と酸化チタン薄膜とを交互に300層重ねた硬X線用の多層膜を形成した。

【0081】まず、真空ポンプ36により、真空容器10内を「 1.3×10^{-1} Pa」にまで減圧し、その後

に、第二の容器14から真空容器10内にテトラクロロチタン蒸気を1秒間導入して、真空容器10内の圧力を「 1.3×10^{-1} Pa」に上昇させたあと、真空ポンプ36により2秒間排気して真空容器10内を「 1.3×10^{-1} Pa」にまで減圧する。

【0082】さらに、第三の容器16から真空容器10内に過酸化水素水蒸気を1秒間導入して、真空容器10内の圧力を「 1.3×10^{-1} Pa」に上昇させた後に、真空ポンプ36により2秒間排気して真空容器10内を「 1.3×10^{-1} Pa」にまで減圧する。

【0083】上記サイクルを繰り返したところ、15分間で150サイクルの酸化チタン薄膜が形成されたことが、in-situエリプソメータの解析から判明した。

【0084】図6に、酸化チタン薄膜の成長速度の基板温度依存性を示す。基板は赤外線加熱装置によって、所定の温度に加熱した。基板温度が室温から上昇するに従って成長速度は大きくなり、 340°C 乃至 490°C 付近にわたって、成長速度がほぼ 0.1 nm/cycle と一定になることが判明した。 340°C 乃至 490°C 付近の基板温度に対して、原料の吸着過程に自己停止機能があることは明かである。このとき、 632.8 nm での屈折率は2.2であった。さらに基板温度を上げると、成長速度が急激に減少した。これは基板温度の上昇により、表面における吸着物質の被覆率が減少したためである。

【0085】【自己停止機能による多層膜の形成】次に、上記した吸着の自己停止機能を利用して、第一の薄膜と第二の薄膜とを交互に作製することによる多層膜の製造に関して説明する。

【0086】有機溶剤、純水の順に超音波洗浄し、さらに4.7重量%の弗酸に15秒間浸し超純水で洗い流すことにより洗浄を行った、直径200mm、長さ300mmのSUS316製の円筒容器(真空容器10)内に、乾燥窒素を用いて乾燥させた(100)面方位のシリコン基板(薄膜を形成する物体としての基板)をセットリし、基板温度を 390°C にして、200リットル/秒の真空ポンプ36を用いて、酸化アルミニウム薄膜と酸化チタン薄膜とを交互に300層重ねた硬X線用の多層膜を形成した。

【0087】まず、真空ポンプ36により、真空容器10内を「 1.3×10^{-1} Pa」にまで減圧し、その後に、第一の容器12から真空容器10内にトリメチルアルミニウム(TMA)蒸気を1秒間導入して、真空容器10内の圧力を「 1.3×10^{-1} Pa」に上昇させたあと、真空ポンプ36により2秒間排気して真空容器10内を「 1.3×10^{-1} Pa」にまで減圧した。

【0088】さらに、第三の容器16から真空容器10内に過酸化水素水蒸気を1秒間導入して、真空容器10内の圧力を「 1.3×10^{-1} Pa」に上昇させた後に、

真空ポンプ36により2秒間排気して真空容器10内を「 $1.3 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ 」にまで減圧した。

【0089】次に、第二の容器14から真空容器10内にテトラクロロチタン蒸気を1秒間導入して、真空容器10内の圧力を「 $1.3 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ 」に上昇させたあと、真空ポンプ36により2秒間排気して真空容器10内を「 $1.3 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ 」にまで減圧した。

【0090】さらに、第三の容器16から真空容器10内に過酸化水素水蒸気を1秒間導入して、真空容器10内の圧力を「 $1.3 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ 」に上昇させた後に、真空ポンプ36により2秒間排気して真空容器10内を「 $1.3 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ 」にまで減圧した。

【0091】上記サイクルを300回繰り返したところ、30分間に膜厚693オングストローム、屈折率1.90、1サイクル当たりの膜厚2.31オングストロームの硬X線用の多層膜を形成できた。

【0092】なお、物体に形成することのできる化合物薄膜は、上記したものに限定されるものではなく、図7に例示しているように、酸化物薄膜として24種類、ハロゲン化物薄膜として6種類、硫化物薄膜として1種類、セレン化物薄膜として1種類、テルル化物薄膜として1種類、窒化物薄膜として24種類などの化合物薄膜が形成可能である。

【0093】また、図8乃至図37に、薄膜を形成させる金属化合物と、薄膜を形成させる酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤と、基板（薄膜を形成させる物体）とに関して、図7に示す各化合物薄膜を形成する際において使用可能な組み合わせの例を示す。

【0094】特に、酸化剤あるいは窒化剤と、薄膜を形成させる金属化合物として銅、ニッケル、鉄、マンガンあるいはクロムの化合物とを用いて、銅、ニッケル、鉄、マンガンあるいはクロムの酸化物薄膜あるいは窒化物薄膜を形成し、また、酸化剤あるいは窒化剤と、薄膜を形成させる金属化合物としてスカンジナビウム、マグネシウム、インジウム、ベリリウムあるいはチタニウムの化合物とを用いて、スカンジナビウム、マグネシウム、インジウム、ベリリウムあるいはチタニウムの酸化物薄膜あるいは窒化物薄膜のグループからいざれかを選択し、スカンジナビウム、マグネシウム、インジウム、ベリリウムあるいはチタニウムの酸化物薄膜あるいは窒化物薄膜のグループからいざれかを選択して組み合わせて（組み合わせとしては、銅、ニッケル、鉄、マンガン、クロムの酸化物薄膜（5種類）と銅、ニッケル、鉄、マンガン、クロムの窒化物薄膜（5種類）とからなるグループ（全部で10種類（=5種類+5種類））からいざれか一つを選択し、スカンジナビウム、マグネシウム、インジウム、ベリリウム、チタニウムの酸化物薄膜（5種類）とスカン

ジナビウム、マグネシウム、インジウム、ベリリウム、チタニウムの窒化物薄膜（5種類）とからなるグループ（全部で10種類（=5種類+5種類））からいざれか一つを選択して、それらを組み合わせればよいので、全部で「100種類（=10種類×10種類）」ある。）、多層膜を形成することにより、100オングストローム以下の軟X線波長での多層膜ミラー、フィルター、偏光素子あるいはニュートロン素子に用いて好適な多層膜を形成することができる。

10 【0095】

【発明の効果】本発明は、以上説明したように構成されているので、以下に記載されるような効果を奏する。

【0096】膜厚、膜質が大面積にわたって均一な薄膜を、硬X線領域において使用される光学素子の多層膜を作製可能な高精度、即ち、原子寸法サイズの精度で基板上に形成することのできる薄膜の製造方法およびその製造装置を提供することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例による薄膜の製造装置を示す概略構成説明図である。

【図2】第一の工程および第二の工程における1サイクルを示すタイミング・チャートである。

【図3】酸化アルミニウム薄膜の成長速度の基板温度依存性を示すグラフである。

【図4】観察開始2分後にTMA蒸気の導入を開始するとともに、その後TMA蒸気と過酸化水素水蒸気とを1分毎に交互に20秒間づつ導入した場合における膜厚の変化Aと、TMA蒸気のみを2分毎に20秒間づつ導入した場合における膜厚の変化Bとを示すグラフである。

30 【図5】(A)は図4における変化Aの際のTMA蒸気および過酸化水素水蒸気の導入のタイミングを示すタイミング・チャートであり、(B)は図4における変化Bの際のTMA蒸気の導入のタイミングを示すタイミング・チャートである。

【図6】酸化チタン薄膜の成長速度の基板温度依存性を示すグラフである。

【図7】本発明によって形成可能な化合物薄膜として、酸化物薄膜を19種類、ハロゲン化物薄膜を6種類、硫化物薄膜を1種類、セレン化物薄膜を1種類、テルル化物薄膜を1種類それぞれ例示して示す表である。

40 【図8】薄膜を形成させる金属化合物と、薄膜を形成させる酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤と、基板（薄膜を形成させる物体）とに関して、図7に示す各化合物薄膜を形成する際において使用可能な組み合わせの例を示す表である。

【図9】薄膜を形成させる金属化合物と、薄膜を形成させる酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤と、基板（薄膜を形成させる物体）とに関して、図7に示す各化合物薄膜を形成する際において使用可能な組み合わせの例を示す表である。

50

【図30】薄膜を形成させる金属化合物と、薄膜を形成させる酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤と、基板（薄膜を形成させる物体）とについて、図7に示す各化合物薄膜を形成する際ににおいて使用可能な組み合わせの例を示す表である。

【図31】薄膜を形成させる金属化合物と、薄膜を形成させる酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤と、基板（薄膜を形成させる物体）とについて、図7に示す各化合物薄膜を形成する際ににおいて使用可能な組み合わせの例を示す表である。

【図32】薄膜を形成させる金属化合物と、薄膜を形成させる酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤と、基板（薄膜を形成させる物体）とについて、図7に示す各化合物薄膜を形成する際ににおいて使用可能な組み合わせの例を示す表である。

【図33】薄膜を形成させる金属化合物と、薄膜を形成させる酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤と、基板（薄膜を形成させる物体）とについて、図7に示す各化合物薄膜を形成する際ににおいて使用可能な組み合わせの例を示す表である。

【図34】薄膜を形成させる金属化合物と、薄膜を形成させる酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤と、基板（薄膜を形成させる物体）とについて、図7に示す各化合物薄膜を形成する際ににおいて使用可能な組み合わせの例を示す表である。

【図35】薄膜を形成させる金属化合物と、薄膜を形成させる酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤と、基板（薄膜を形成させる物*

*体）とについて、図7に示す各化合物薄膜を形成する際ににおいて使用可能な組み合わせの例を示す表である。

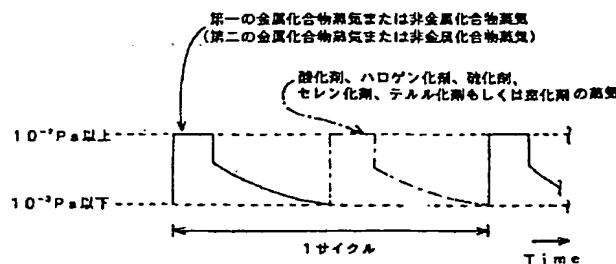
【図36】薄膜を形成させる金属化合物と、薄膜を形成させる酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤と、基板（薄膜を形成させる物体）とについて、図7に示す各化合物薄膜を形成する際ににおいて使用可能な組み合わせの例を示す表である。

【図37】薄膜を形成させる金属化合物と、薄膜を形成させる酸化剤、ハロゲン化剤、硫化剤、セレン化剤、テルル化剤もしくは窒化剤と、基板（薄膜を形成させる物体）とについて、図7に示す各化合物薄膜を形成する際ににおいて使用可能な組み合わせの例を示す表である。

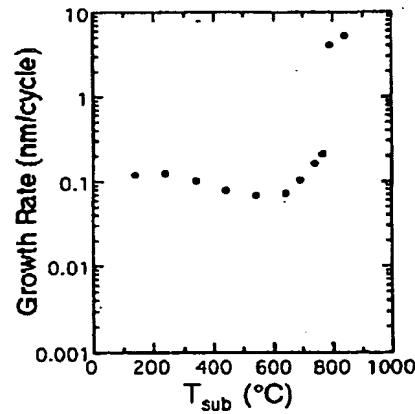
【符号の説明】

10	真空容器
12	第一の容器
14	第二の容器
16	第三の容器
18, 20, 22	蒸気供給管
24, 26, 28	流量制御弁
20 30, 32, 34	電磁弁
36	真空ポンプ
38	ゲート・バルブ
40, 42, 44, 46	アクチュエータ
48	コンピュータ
50	駆動ユニット
52, 58	接続ケーブル
54	真空計
56	ホルダー

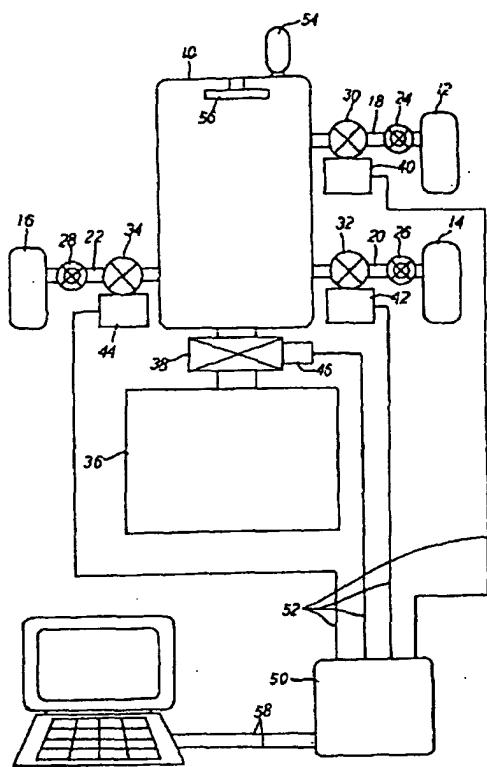
【図2】



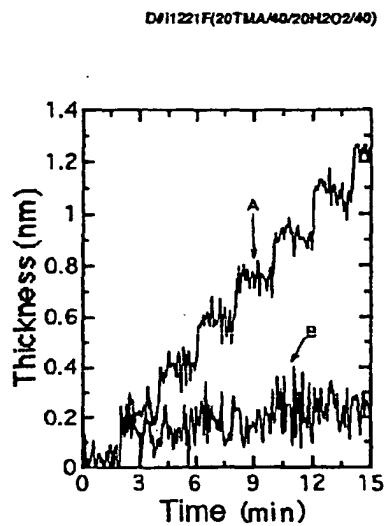
【図3】



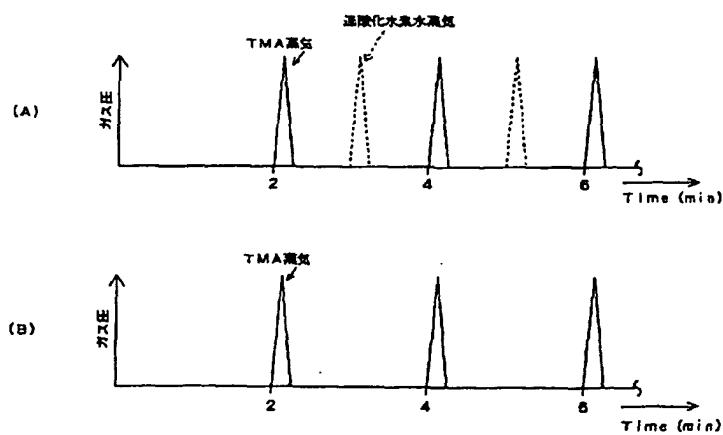
【図1】



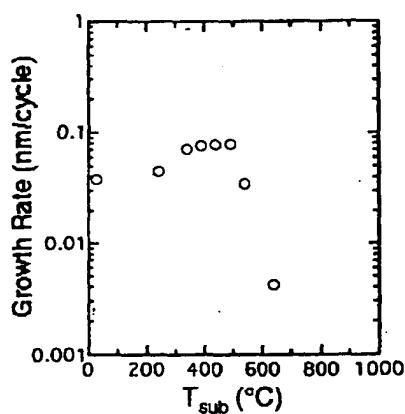
【図4】



【図5】



【図6】



〔四七〕

A. 硫化物類	C. 硫化物類
1. 【硫化アルミニウム】	1. 【硫化亞鉛】
2. 【硫化ジルコニアム】	D. セレン化物類
3. 【硫化イットリウム】	1. 【セレン化亞鉛】
4. 【硫化ハフニウム】	E. テルル化物類
5. 【硫化スカンジナビウム】	1. 【テルル化亞鉛】
6. 【硫化チタニウム】	F. 硫化物類
7. 【硫化マグネシウム】	1. 【硫化アルミニウム】
8. 【硫化ケイ銅】	2. 【硫化ジルコニアム】
9. 【硫化ベリリウム】	3. 【硫化イットリウム】
10. 【硫化ビスマス】	4. 【硫化ハフニウム】
11. 【硫化カリウム】	5. 【硫化スカンジナビウム】
12. 【硫化ケルマニウム】	6. 【硫化チタニウム】
13. 【硫化インジウム】	7. 【硫化マグネシウム】
14. 【硫化鉄】	8. 【硫化ケイ銅】
15. 【硫化アンチモン】	9. 【硫化ベリリウム】
16. 【硫化亜鉛】	10. 【硫化ビスマス】
17. 【硫化タングステン】	11. 【硫化カリウム】
18. 【硫化モリブデン】	12. 【硫化ケルマニウム】
19. 【硫化バナジウム】	13. 【硫化インジウム】
20. 【硫化銅】	14. 【硫化鉄】
21. 【硫化ニッケル】	15. 【硫化アンチモン】
22. 【硫化鉻】	16. 【硫化亜鉛】
23. 【硫化マンガン】	17. 【硫化タングステン】
24. 【硫化クロム】	18. 【硫化モリブデン】
B. ハロゲン化物類	19. 【硫化バナジウム】
1. 【堿化マグネシウム】	20. 【硫化鉄】
2. 【堿化カルシウム】	21. 【堿化ニッケル】
3. 【堿化ナトリウム】	22. 【堿化鉻】
4. 【堿化リチウム】	23. 【堿化マンガン】
5. 【堿化ラタンタン】	24. 【堿化クロム】
6. 【堿化ネオジウム】	

なお、図8乃至図97においては、以下の通りとする

無印	20°C 1 atm	ガス	蒸気圧の利用もしくは加熱が必要
○	20°C 1 atm	液体	
△	20°C 1 atm	固体	加熱が必要

△ 20セミモモセ

PCM: フィルタセントラルの階
PCM: ジビバ日イ非ミランの階

HFA：ヘキサフルオロアセチルアセトンの略

Cp : シクロペンタジエニル基の略

M•Cp：メチルシクロペンタジエニル基の時

[圖 8]

1. 硼化物系 [1] 硼化アルミニウム]	導電性を形成させる 金属化合物	導電性を形成させる 酸化剤	基板
	Al ₂ F ₅	O ₂	Si
	Al ₂ Cl ₅	O ₂	SiO ₂
	Al ₂ Br ₅	O ₂	GeAs
	Al ₂ I ₅	N ₂ O ₂	GeP
	Al ₂ (OCH ₃) ₅	N ₂ O ₂	InP
	Al ₂ (OC ₂ H ₅) ₅	N ₂ O ₂	InAs
	Al ₂ (OC ₂ H ₅) ₃	H ₂ O ₂	他の半導体基板
	Al ₂ (OC ₂ H ₅) ₂	H ₂ O ₂	MgO
	Al ₂ (CH ₃) ₅	H ₂ O ₂	Al ₂ O ₃
	Al ₂ (CH ₃) ₃	D ₂ O	ガラス
	Al ₂ (CH ₃) ₂		他の绝缘体基板
	Al ₂ (CH ₃) ₂		金属
	Al ₂ (CH ₃) ₂		プラスチック
	Al ₂ (CH ₃) ₂ Cl ₂		ポリマー
	Al ₂ (CH ₃) ₂ Cl ₂		ステンレス
	Al ₂ O ₃		
	Al ₂ (CH ₃) ₂ H		
	Al ₂ (CH ₃) ₂ H ₂		
	Al ₂ (CH ₃) ₂ H ₃		
	Al ₂ H ₅ ·NiCH ₃ ₂		
	Al ₂ H ₅ ·Ni(C ₂ H ₅) ₂		
	Al ₂ H ₅ ·Ni(C ₂ H ₅) ₂		
	Al ₂ H ₅ ·Ni(C ₂ H ₅) ₂		
	Al ₂ H ₅ ·Ni(C ₂ H ₅) ₂		
2. [酸化ジルコニウム]	導電性を形成させる 金属化合物	導電性を形成させる 酸化剤	基板
	Zr ₂ F ₅	O ₂	Si
	Zr ₂ Cl ₅	O ₂	SiO ₂
	Zr ₂ Br ₅	O ₂	GeAs
	Zr ₂ I ₅	N ₂ O ₂	GeP
	Zr ₂ (OCH ₃) ₅	N ₂ O ₂	InP
	Zr ₂ (OC ₂ H ₅) ₅	N ₂ O ₂	InAs
	Zr ₂ (OC ₂ H ₅) ₃	H ₂ O ₂	他の半導体基板
	Zr ₂ (OC ₂ H ₅) ₂	H ₂ O ₂	MgO
	Zr ₂ O ₇	D ₂ O	Al ₂ O ₃
	Zr ₂ (Acac) ₆		ガラス
	Zr ₂ (DPM) ₆		他の绝缘体基板
	Zr ₂ (HFA) ₆		金属
	Zr ₂ (BH ₄) ₆		プラスチック
	Zr ₂ (NiCH ₃) ₆		ポリマー
	Zr ₂ (NiC ₂ H ₅) ₆		ステンレス

〔図17〕

19. [酸化バナジウム]	薄膜を形成させる 酸化剤	基板
表面を形成させる 金属化合物	O ₂	Si
△V F ₂	O ₂	SiO ₂
△V Cl ₂	O ₂	GaAs
△V Br ₂	N ₂ O	GaP
△V I ₂	N ₂ O ₂	InP
△V O(OCH ₃) ₂	N ₂ O ₄	InAs
Ov O(OCH ₂ H ₅) ₂	H ₂ O ₂	他の半導体基板
Ov O(OC ₂ H ₅) ₂	H ₂ O	MgO
Ov O(OC ₃ H ₇) ₂	D ₂ O	Al ₂ O ₃
Ov OCl ₂		ガラス
△V O		他の絶縁体基板
△V Cl		

〔図20〕

24. [酸化クロム]	薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる 酸化剤	基板
$\triangle Cr$ (C_2H_5) ₂	O	Si	
$\triangle Cr$ ($CH_3C_6H_5$) ₂	O ₂	SiO_2	
$\triangle Cr$ F ₃	N ₂ O	GeAs	
$\triangle Cr$ Cl ₃	NO ₂	GeP	
$\triangle Cr$ Br ₃	N ₂ O ₃	InP	
$\triangle Cr$ O ₂ Cl ₂	H ₂ O ₂	InAs	
	H ₂ O	他の半導体基板	
$\triangle Cr$, O ₃	D ₂ O	MgO	
$\triangle Cr$ O ₃		Al ₂ O ₃	
$\triangle Cr$ (AcAc) ₂		ガラス	
$\triangle Cr$ (DPM) ₂		他の絶縁体基板	
$\triangle Cr$ (HFA) ₂		金属	
$\triangle Cr$ F ₃		プラスチック	
$\triangle Cr$ Cl ₃		ポリマー	
$\triangle Cr$ Br ₃		ステンレス	

〔图9〕

3.酸化イットリウム		
還原を形成させる	薄膜を形成させる	基板
金属化化合物	酸化剤	
$\Delta Y F_3$	O	Si
$\Delta Y Cl_3$	O ₂	SiO ₂
$\Delta Y_2 O_3$	O ₂	GaAs
$\Delta Y (AcAc)_3$	N ₂ O	GaP
$\Delta Y (DPM)_3$	N ₂ O ₂	InP
$\Delta Y (HFA)_3$	N ₂ O ₄	InAs
	H ₂ O	他の半導体基板
	H ₂ O	MgO
	D ₂ O	Al ₂ O ₃
		ガラス
		他の絶縁体基板
		金属
		プラスチック
		ポリマー
		ステンレス

〔図10〕

5. [酸化スカンジナビウム] 言語を形成させる 全金属化合物 $\Delta S_{\text{d},\text{O}}^{\circ}$	層膜を形成させる 酸化剤	基板
	O	Si
	O ₂	SiO ₂
	O ₃	GaAs
	N ₂ O	GaP
	NO	InP
	N ₂ O ₄	InAs
	H ₂ O ₂	他の半導体基板
	H ₂ O	MgO
	D ₂ O	Al ₂ O ₃
		ガラス
		他の絶縁体基板
		金属
		プラスチックス
		ポリマー
		ステンレス

4. [陰化ハフニウム]
 薄膜を形成させる
 金属化合物
 $\Delta Hf\text{ Cl}_4$
 $\Delta Hf\text{ Br}_4$
 $\Delta Hf\text{ O}_2$
 $\Delta Hf\text{ (AaOa)}$
 $\Delta Hf\text{ (DPM)}_4$
 $\Delta Hf\text{ (HFA)}_4$

導電性を形成させる 酸化剤	基板
○	Si
○ ₂	SiO ₂
○ ₃	GaAs
N ₂ O	GaP
NO ₂	InP
N ₂ O ₄	InAs
H ₂ O ₂	他の半導体基板
H ₂ O	MgO
D ₂ O	Al ₂ O ₃ ガラス

6. [酸化チタニウム]
溶液を形成させる
金属化合物
 $\Delta TiCl_3$
 $\Delta TiCl_4$
 $\Delta AlBr_4$
 ΔTi^{+1}
 $\Delta Ti(OCH_3)_4$
 $\Delta Ti(OC_2H_5)_4$
 $\Delta Ti(OC_3H_7)_4$
 $\Delta Ti(OC_4H_9)_4$
 ΔTiO_2
 $\Delta Ti(ACAc)_4$
 $\Delta Ti(ACAc)_2Cl_2$
 $\Delta Ti(DPM)_2$
 $\Delta Ti(HFA)_2Cl_2$

基板
Si
SiO₂
GaAs
GaP
InP
InAs
他の半導体基板
MgO
Al₂O₃
ガラス
他の絶縁体基板
金具
プラスチック
ポリマー
ステンレス

[図12]

(図14)

9. [酸化ベリリウム]
薄膜を形成させる
金属化合物
 $\Delta \text{Be F}_2$,
 $\Delta \text{Be Cl}_2$,
 $\Delta \text{Be Br}_2$,
 $\Delta \text{Be I}_2$,
 $\Delta \text{Be} (\text{CH}_3)_2$,
 $\text{OBe} (\text{C}_2\text{H}_5)_2$,
 $\text{OBe} (\text{C}_4\text{H}_9)_2$,
 $\text{OBe} (\text{C}_6\text{H}_5)_2$,
 $\Delta \text{Be O}$

薄膜を形成させる 酸化剤	基板
O ₂	Si
O ₃	SiO ₂
N ₂ O	GaAs
NO ₂	GaP
N ₂ O ₄	InP
H ₂ O ₂	InAs
H ₂ O	他の半導体基板
D ₂ O	MgO
	Al ₂ O ₃
	ガラス
	他の絕縁体基板
	全員
	プラスチック
	ポリマー
	ステンレス

13. [酸化インジウム]
 電離子を形成させ
 金属性化合物
 $\Delta in F_3$
 $\Delta in Cl_3$
 $\Delta in Br_3$
 $\Delta in I_3$

$\Delta in (CH_3)_3$
 $\Delta in (C_2H_5)_3$
 $\Delta in (C_3H_7)_3$
 $\Delta in (C_4H_9)_3$
 $\Delta in O_3$
 $\Delta in (AcAc)_3$
 $\Delta in (DPM)_3$
 $\Delta in (HFA)_3$

基板
Si
SiO₂
GaAs
GaP
InP
InAs
他の半導体基板
MgO
Al₂O₃
ガラス
他の絶縁体基板
金属
プラスチック
ポリマー
ステンレス

10. [鉱化ビスマス]
薄膜を形成させる
金属化合物
 $\Delta Bi F_3$
 $\Delta Bi Cl_3$
 $\Delta Bi Br_3$
 $\Delta Bi I_3$
 $\Delta Bi (CH_3)_3$
 $\Delta Bi Cl_2$
 $\Delta Bi O_3$
 $\Delta Bi (OCl)$
 $\Delta Bi (AcAc)_2$
 $\Delta Bi (DPM)_2$
 $\Delta Bi (HAc)_2$

薄膜を形成させる 酸化剤	基板
O	Si
O ₂	SiO ₂
O ₃	GaAs
N ₂ O	GaP
NO ₂	InP
N ₂ O ₄	InAs
H ₂ O ₂	他の半導体基板
H ₂ O	MgO
D ₂ O	Al ₂ O ₃
	ガラス
	他の絶縁体基板
	金属
	プラスチック
	ポリマー
	スランレス

14. [酸化鉛物質]
 沈殿を形成させる
 金属化合物
 $\Delta Pb F_2$,
 $\Delta Pb Cl_2$,
 $\Delta Pb Br_2$,
 $\Delta Pb I_2$,
 $\Delta Pb (CH_3)_2$,
 $\Delta Pb (C_2H_5)_2$,
 $\Delta Pb (C_6H_5)_2$,
 $\Delta Pb (C_6H_5)_2$,
 $\Delta Pb O_2$,
 $\Delta Pb (C_6H_5)_2$

Si
 SiO_2
 GaAs
 GaP
 InP
 InAs
 他の半導体基板
 MgO
 Al_2O_3
 ガラス
 他の絶縁体基板
 金属
 プラスチックス
 ポリマー
 ステンレス

【図11】

7.[酸化マグネシウム]	導電性を形成させる 金属化合物	導電性を形成させる 酸化剤	基板
$\Delta Mg F_2$	O	Si	$\Delta Ga F_3$
$\Delta Mg Cl_2$	O ₂	SiO ₂	$\Delta Ga Cl_3$
$\Delta Mg Br_2$	O ₂	GaAs	$\Delta Ga Br_3$
$\Delta Mg I_2$	N ₂ O	GaP	$\Delta Ga I_3$
$\Delta Mg (OCH3)_2$	NO ₂	InP	$\Delta Ga (OCH3)_2$
$\Delta Mg (OC2H5)_2$	N ₂ O ₂	InAs	$\Delta Ga (OC2H5)_2$
$\Delta Mg (OC2H5)_2$	H ₂ O ₂	他の半導体基板	$\Delta Ga (OC2H5)_2$
$\Delta Mg (OC2H5)_2$	H ₂ O	MgO	$\Delta Ga (OC2H5)_2$
$\Delta Mg (OC2H5)_2$	D ₂ O	Al ₂ O ₃	$\Delta Ga (CH3)_2$
$\Delta Mg O$		ガラス	$\Delta Ga (C2H5)_2$
$\Delta Mg CO_2$		他の絶縁体基板	$\Delta Ga (C2H5)_2$
$\Delta Mg (AcAc)_2$		金属	$\Delta Ga (C2H5)_2$
$\Delta Mg (DPM)_2$		プラスチック	$\Delta Ga (CH3)_2 Cl$
$\Delta Mg (HFA)_2$		ポリマー	$\Delta Ga (CH3)_2 Cl_2$
		ステンレス	

8.[酸化ケイ素]	導電性を形成させる 金属化合物	導電性を形成させる 酸化剤	基板
$\Delta Si F_4$	O	Si	$\Delta Ge F_4$
$\Delta Si Cl_4$	O ₂	SiO ₂	$\Delta Ge Cl_4$
$\Delta Si Br_4$	O ₂	GaAs	$\Delta Ge Br_4$
$\Delta Si I_4$	N ₂ O ₂	GaP	$\Delta Ge I_4$
$\Delta Si (OCH3)_4$	NO ₂	InP	$\Delta Ge (OCH3)_4$
$\Delta Si (OC2H5)_4$	N ₂ O ₂	InAs	$\Delta Ge (OC2H5)_4$
$\Delta Si (i-OC3H7)_4$	H ₂ O ₂	他の半導体基板	$\Delta Ge (i-OC3H7)_4$
$\Delta Si (t-OC4H9)_4$	H ₂ O	MgO	$\Delta Ge (t-OC4H9)_4$
$\Delta Si (CH3)_4$	D ₂ O	Al ₂ O ₃	$\Delta Ge (CH3)_4$
$\Delta Si (C2H5)_4$		ガラス	$\Delta Ge (C2H5)_4$
$\Delta Si (C3H7)_4$		他の絶縁体基板	$\Delta Ge (C3H7)_4$
$\Delta Si (C4H9)_4$		金属	$\Delta Ge (C4H9)_4$
$\Delta Si (CH3)2Cl$		プラスチック	$\Delta Ge (CH3)2Cl$
$\Delta Si (CH3)2Cl_2$		ポリマー	$\Delta Ge (CH3)2Cl_2$
$\Delta Si (C2H5)2Cl$		ステンレス	$\Delta Ge (C2H5)2Cl$
$\Delta Si (C3H7)2Cl$			$\Delta Ge (C3H7)2Cl$
$\Delta Si (C4H9)2Cl$			$\Delta Ge (C4H9)2Cl$
$\Delta Si HCl$			$\Delta Ge (CH3)2Cl_2$
$\Delta Si HBr$			$\Delta Ge (C2H5)2Cl_2$
$\Delta Si (C2H5)2Cl_2$			$\Delta Ge (C3H7)2Cl_2$
$\Delta Si O_2$			$\Delta Ge (C4H9)2Cl_2$

11.[酸化ガリウム]	導電性を形成させる 金属化合物	導電性を形成させる 酸化剤	基板
$\Delta Ga F_3$	O	Si	$\Delta Ga Cl_3$
$\Delta Ga Cl_3$	O ₂	SiO ₂	$\Delta Ga Br_3$
$\Delta Ga Br_3$	O ₂	GaAs	$\Delta Ga I_3$
$\Delta Ga I_3$	N ₂ O ₂	GaP	$\Delta Ga (OCH3)_2$
$\Delta Ga (OCH3)_2$	NO ₂	InP	$\Delta Ga (OC2H5)_2$
$\Delta Ga (OC2H5)_2$	H ₂ O ₂	InAs	$\Delta Ga (i-OC3H7)_2$
$\Delta Ga (OC2H5)_2$	H ₂ O	他の半導体基板	$\Delta Ga (t-OC4H9)_2$
$\Delta Ga (OC2H5)_2$	D ₂ O	MgO	$\Delta Ga (CH3)_2$
$\Delta Ga (CH3)_2$		Al ₂ O ₃	$\Delta Ga (C2H5)_2$
$\Delta Ga (C2H5)_2$		ガラス	$\Delta Ga (C3H7)_2$
$\Delta Ga (C3H7)_2$		他の絶縁体基板	$\Delta Ga (C4H9)_2$
$\Delta Ga (C4H9)_2$		金属	$\Delta Ga (CH3)_2 Cl$
$\Delta Ga (CH3)_2 Cl$		プラスチック	$\Delta Ga (C2H5)_2 Cl$
$\Delta Ga (CH3)_2 Cl_2$		ポリマー	$\Delta Ga (C3H7)_2 Cl_2$
$\Delta Ga (C2H5)_2 Cl_2$		ステンレス	$\Delta Ga (C4H9)_2 Cl_2$

12.[酸化ゲルマニウム]	導電性を形成させる 金属化合物	導電性を形成させる 酸化剤	基板
$\Delta Ge F_4$	O	Si	$\Delta Ge Cl_4$
$\Delta Ge Cl_4$	O ₂	SiO ₂	$\Delta Ge Br_4$
$\Delta Ge Br_4$	O ₂	GaAs	$\Delta Ge I_4$
$\Delta Ge I_4$	N ₂ O ₂	GaP	$\Delta Ge (OCH3)_4$
$\Delta Ge (OCH3)_4$	NO ₂	InP	$\Delta Ge (OC2H5)_4$
$\Delta Ge (OC2H5)_4$	H ₂ O ₂	InAs	$\Delta Ge (i-OC3H7)_4$
$\Delta Ge (OC2H5)_4$	H ₂ O	他の半導体基板	$\Delta Ge (t-OC4H9)_4$
$\Delta Ge (OC2H5)_4$	D ₂ O	MgO	$\Delta Ge (CH3)_4$
$\Delta Ge (CH3)_4$		Al ₂ O ₃	$\Delta Ge (C2H5)_4$
$\Delta Ge (C2H5)_4$		ガラス	$\Delta Ge (C3H7)_4$
$\Delta Ge (C3H7)_4$		他の絶縁体基板	$\Delta Ge (C4H9)_4$
$\Delta Ge (C4H9)_4$		金属	$\Delta Ge (CH3)_2 Cl$
$\Delta Ge (CH3)_2 Cl$		プラスチック	$\Delta Ge (C2H5)_2 Cl$
$\Delta Ge (C2H5)_2 Cl_2$		ポリマー	$\Delta Ge (C3H7)_2 Cl_2$
$\Delta Ge (C3H7)_2 Cl_2$		ステンレス	$\Delta Ge (C4H9)_2 Cl_2$

【図25】

E.テルル化物薄膜	導電性を形成させる 金属化合物	導電性を形成させる テルル化剤	基板
1.[テルル化亜鉛]			
$\Delta Zn F_2$		Si	$\Delta Te Cl_4$
$\Delta Zn Cl_2$		SiO ₂	$\Delta Te I_4$
$\Delta Zn Br_2$		GaAs	$\Delta Te Br_4$
$\Delta Zn I_2$		GaP	$\Delta Te Cl_4$
$\Delta Zn (OCH3)2$		InP	$\Delta Te I_4$
$\Delta Zn (OC2H5)2$		InAs	$\Delta Te Br_4$
$\Delta Zn (CH3)2$		他の半導体基板	$\Delta Te Cl_4$
$\Delta Zn O$		MgO	$\Delta Te I_4$
$\Delta Zn CO$		Al ₂ O ₃	$\Delta Te Br_4$
$\Delta Zn (AcAc)2$		ガラス	$\Delta Te Cl_4$
$\Delta Zn (DPM)2$		他の絶縁体基板	$\Delta Te I_4$
$\Delta Zn (HFA)2$		金属	$\Delta Te Br_4$
		プラスチック	$\Delta Te Cl_4$
		ポリマー	$\Delta Te I_4$
		ステンレス	$\Delta Te Br_4$

[図15]

15.[酸化アンチモン]	薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる 酸化剤	基板
$\triangle Sb F_3$	O	Si	
$\triangle Sb Cl_3$	O ₂	SiO ₂	
$\triangle Sb Br_3$	O ₂	GaAs	
$\triangle Sb I_3$	N ₂ O	GaP	
$\triangle Sb (OCH3)_3$	N ₂ O ₂	InP	
$\triangle Sb (OC2H5)_3$	N ₂ O ₂	InAs	
$\triangle Sb (OC3H7)_3$	H ₂ O ₂	他の半導体基板	
$\triangle Sb (OC4H9)_3$	H ₂ O ₂	MgO	
$\triangle Sb (CH3)3$	D ₂ O	Al ₂ O ₃	
$\triangle Sb (C2H5)_3$		ガラス	
$\triangle Sb (C3H7)_3$		他の絶縁体基板	
$\triangle Sb (C4H9)_3$		金属	
$\triangle Sb_2 O$		プラスチックス	
$\triangle Sb F_5$		ポリマー	
$\triangle Sb Cl_5$		ステンレス	

16.[酸化亜鉛]	薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる 酸化剤	基板
$\triangle Zn F_3$	O	Si	
$\triangle Zn Cl_3$	O ₂	SiO ₂	
$\triangle Zn Br_3$	O ₂	GaAs	
$\triangle Zn I_3$	N ₂ O	GaP	
$\triangle Zn (OCH3)_3$	N ₂ O ₂	InP	
$\triangle Zn (OC2H5)_3$	N ₂ O ₂	InAs	
$\triangle Zn (OC3H7)_3$	H ₂ O ₂	他の半導体基板	
$\triangle Zn (OC4H9)_3$	H ₂ O ₂	MgO	
$\triangle Zn O$	D ₂ O	Al ₂ O ₃	
$\triangle Zn CO_3$		ガラス	
$\triangle Zn (AcAc)_3$		他の絶縁体基板	
$\triangle Zn (DPM)_3$		金属	
$\triangle Zn (HFA)_3$		プラスチックス	

[図16]

17.[酸化タンゲステン]	薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる 酸化剤	基板
$\triangle W F_6$	O	Si	
$\triangle W Cl_6$	O ₂	SiO ₂	
$\triangle W O_6$	O ₂	GaAs	
$\triangle W O_3$	N ₂ O	GaP	
	N ₂ O ₂	InP	
	H ₂ O ₂	InAs	
	D ₂ O	他の半導体基板	
		MgO	
		Al ₂ O ₃	
		ガラス	
		他の絶縁体基板	
		金属	
		プラスチックス	
		ポリマー	
		ステンレス	

[図18]

20.[酸化銅]	薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる 酸化剤	基板
$\triangle Cu (C_6H_5)_2P(C_2H_5)_3$	O	Si	
$\triangle Cu F_3$	O ₂	SiO ₂	
$\triangle Cu Br_3$	N ₂ O	GaAs	
$\triangle Cu Cl_3$	NO ₂	GaP	
$\triangle Cu I$	N ₂ O ₂	InP	
$\triangle Cu Br$	H ₂ O ₂	InAs	
$\triangle Cu Cl$	H ₂ O ₂	他の半導体基板	
$\triangle Cu_2 O$	D ₂ O	MgO	
$\triangle Cu O$		Al ₂ O ₃	
$\triangle Cu (AcAc)_3$		ガラス	
$\triangle Cu (DPM)_3$		他の絶縁体基板	
$\triangle Cu (HFA)_3$		金属	
		プラスチックス	
		ポリマー	
		ステンレス	

22.[酸化鉄]	薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる 酸化剤	基板
$\triangle Fe (C_6H_5)_3$	O	Si	
$\triangle Fe (CH_3C_2H_5)_3$	O ₂	SiO ₂	
$\triangle Fe F_3$	N ₂ O	GaAs	
$\triangle Fe Cl_3$	NO ₂	GaP	
$\triangle Fe Br_3$	H ₂ O ₂	InP	
$\triangle Fe I_3$	H ₂ O ₂	InAs	
$\triangle Fe O$	D ₂ O	他の半導体基板	
$\triangle Fe_2 O_3$		MgO	
$\triangle Fe_3 O_4$		Al ₂ O ₃	
$\triangle Fe (AcAc)_3$		ガラス	
$\triangle Fe (DPM)_3$		他の絶縁体基板	
$\triangle Fe (HFA)_3$		金属	
$\triangle Fe F_5$		プラスチックス	
$\triangle Fe Cl_5$		ポリマー	
$\triangle Fe Br_5$		ステンレス	
$\triangle Fe (OCH3)_3$			
$\triangle Fe (OC2H5)_3$			

21.[酸化ニッケル]	薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる 酸化剤	基板
$\triangle Ni (C_6H_5)_2$	O	Si	
$\triangle Ni (CH_3C_2H_5)_2$	O ₂	SiO ₂	
$\triangle Ni F_3$	N ₂ O	GaAs	
$\triangle Ni Cl_3$	NO ₂	GaP	
$\triangle Ni Br_3$	N ₂ O ₂	InP	
$\triangle Ni I_3$	H ₂ O ₂	InAs	
$\triangle Ni O$	H ₂ O ₂	他の半導体基板	
$\triangle Ni O_2$	D ₂ O	MgO	
$\triangle Ni CO_3$		Al ₂ O ₃	
$\triangle Ni (AcAc)_3$		ガラス	
$\triangle Ni (DPM)_3$		他の絶縁体基板	
$\triangle Ni (HFA)_3$		金属	
		プラスチックス	
		ポリマー	
		ステンレス	

23.[酸化マンガン]	薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる 酸化剤	基板
$\triangle Mn O_2$	O	Si	
$\triangle Mn_2 O_3$	O ₂	SiO ₂	
$\triangle Mn F_3$	N ₂ O	GaAs	
$\triangle Mn Cl_3$	NO ₂	GaP	
$\triangle Mn Br_3$	N ₂ O ₂	InP	
$\triangle Mn I_3$	H ₂ O ₂	InAs	
$\triangle Mn O$	D ₂ O	他の半導体基板	
$\triangle Mn_2 O_3$		MgO	
$\triangle Mn O_4$		Al ₂ O ₃	
$\triangle Mn (AcAc)_3$		ガラス	
$\triangle Mn (DPM)_3$		他の絶縁体基板	
$\triangle Mn (HFA)_3 \cdot 2H_2O$		金属	
		プラスチックス	
		ポリマー	
		ステンレス	

[図19]

【図21】

B.ハロゲン化物導課

1. [堿化マグネシウム]

薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる ハロゲン化剤	基板
△Mg F ₂	F ₂	Si
△Mg Cl ₂	F ₂	SiO ₂
△Mg Br ₂	NF ₃	GaAs
△Mg I ₂	CF ₄	GaP
△Mg (OCH ₃) ₂	SF ₆	InP
△Mg (OC ₂ H ₅) ₂	HF	InAs
△Mg (OC ₃ H ₇) ₂		他の半導体基板
△Mg (OC ₄ H ₉) ₂		MgO
△Mg (OC ₅ H ₁₁) ₂		Al ₂ O ₃
△Mg O		ガラス
△Mg CO ₂		他の絶縁体基板
△Mg (AcAc) ₂		金属
△Mg (DPM) ₂		プラスチック
△Mg (HFA) ₂		ポリマー

2. [堿化カルシウム]

薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる ハロゲン化剤	基板
△Ca F ₂	F ₂	Si
△Ca Cl ₂	F ₂	SiO ₂
△Ca Br ₂	NF ₃	GaAs
△Ca I ₂	CF ₄	GaP
△Ca (OCH ₃) ₂	SF ₆	InP
△Ca (OC ₂ H ₅) ₂	HF	InAs
△Ca (OC ₃ H ₇) ₂		他の半導体基板
△Ca (OC ₄ H ₉) ₂		MgO
△Ca (OC ₅ H ₁₁) ₂		Al ₂ O ₃
△Ca O		ガラス
△Ca CO ₂		他の絶縁体基板
△Ca (AcAc) ₂		金属
△Ca (DPM) ₂		プラスチック
△Ca (HFA) ₂		ポリマー

3. [堿化ナトリウム]

薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる ハロゲン化剤	基板
△Na F	F ₂	Si
△Na Cl	F ₂	SiO ₂
△Na Br	NF ₃	GaAs
△Na I	CF ₄	GaP
△Na OCH ₃	SF ₆	InP
△Na OC ₂ H ₅		InAs
△Na OC ₃ H ₇		他の半導体基板
△Na OC ₄ H ₉		MgO
△Na OC ₅ H ₁₁		Al ₂ O ₃
△Na O		ガラス
△Na CO ₂		他の絶縁体基板
△Na (AcAc)		金属
△Na (DPM)		プラスチック
△Na (HFA)		ポリマー

4. [堿化リチウム]

薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる ハロゲン化剤	基板
△Li F	F ₂	Si
△Li Cl	F ₂	SiO ₂
△Li Br	NF ₃	GaAs
△Li I	CF ₄	GaP
△Li OCH ₃	SF ₆	InP
△Li OC ₂ H ₅		InAs
△Li OC ₃ H ₇		他の半導体基板
△Li OC ₄ H ₉		MgO
△Li OC ₅ H ₁₁		Al ₂ O ₃
△Li CO ₂		ガラス
△Li (AcAc)		他の絶縁体基板
△Li (DPM)		金属
△Li (HFA)		プラスチック

【図22】

【図23】

5. [堿化ランタン]

薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる ハロゲン化剤	基板
△La F ₂	F ₂	Si
△La Cl ₂	F ₂	SiO ₂
△La Br ₂	NF ₃	GaAs
△La I ₂	CF ₄	GaP
△La (OCH ₃) ₂	SF ₆	InP
△La (OC ₂ H ₅) ₂	HF	InAs
△La (OC ₃ H ₇) ₂		他の半導体基板
△La (OC ₄ H ₉) ₂		MgO
△La (OC ₅ H ₁₁) ₂		Al ₂ O ₃
△La O		ガラス
△La CO ₂		他の絶縁体基板
△La (AcAc) ₂		金属
△La (DPM) ₂		プラスチック
△La (HFA) ₂		ポリマー

3. [堿化イットリウム]

薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる 窒化剤	基板
△Y F ₂	N ₂	Si
△Y Cl ₂	N ₂	SiO ₂
△Y Br ₂	NH ₃	GaAs
△Y I ₂		GaP
△Y OCH ₃		InP
△Y OC ₂ H ₅		InAs
△Y OC ₃ H ₇		他の半導体基板
△Y OC ₄ H ₉		MgO
△Y OC ₅ H ₁₁		Al ₂ O ₃
△Y CO ₂		ガラス
△Y (AcAc) ₂		他の絶縁体基板
△Y (DPM) ₂		金属
△Y (HFA) ₂		プラスチック

【図27】

6. [堿化ネオジウム]

薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる ハロゲン化剤	基板
△Nd F ₂	F ₂	Si
△Nd Cl ₂	F ₂	SiO ₂
△Nd Br ₂	NF ₃	GaAs
△Nd I ₂	CF ₄	GaP
△Nd (OCH ₃) ₂	SF ₆	InP
△Nd (OC ₂ H ₅) ₂	HF	InAs
△Nd (OC ₃ H ₇) ₂		他の半導体基板
△Nd (OC ₄ H ₉) ₂		MgO
△Nd (OC ₅ H ₁₁) ₂		Al ₂ O ₃
△Nd O		ガラス
△Nd CO ₂		他の絶縁体基板
△Nd (AcAc) ₂		金属
△Nd (DPM) ₂		プラスチック
△Nd (HFA) ₂		ポリマー

4. [堿化ハフニウム]

薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる 窒化剤	基板
△Hf F ₂	N ₂	Si
△Hf Cl ₂	N ₂	SiO ₂
△Hf Br ₂	NH ₃	GaAs
△Hf I ₂		GaP
△Hf O ₂		InP
△Hf (AcAc) ₂		InAs
△Hf (DPM) ₂		他の半導体基板
△Hf (HFA) ₂		MgO
		Al ₂ O ₃
		ガラス
		他の絶縁体基板
		金属
		プラスチック
		ポリマー
		ステンレス

[図24]

C. 硫化物薄膜		
1. [硫化亜鉛]		
薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる 硫化剤	基板
△Zn F ₂	△S	Si
△Zn Cl ₂	SF ₆	SiO ₂
△Zn Br ₂	OS ₂ Cl ₂	GaAs
△Zn I ₂	OSCl ₂	GeP
△Zn (OC ₂ H ₅) ₂	OSO ₂ Cl ₂	InP
△Zn (OC ₂ H ₅) ₂	OSOCl ₂	InAs
○Zn (CH ₃) ₂		他の半導体基板
○Zn (C ₂ H ₅) ₂		MgO
△Zn O		Al ₂ O ₃
△Zn CO ₂		ガラス
△Zn (AcAc) ₂		他の絶縁体基板
△Zn (DPM) ₂		金属
△Zn (HFA) ₂		プラスチックス

F. 硫化物薄膜		
1. [硫化アルミニウム]		
薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる 硫化剤	基板
△Al F ₃	N ₂	Si
△Al Cl ₃	N	SiO ₂
△Al Br ₃	NH ₃	GaAs
△Al I ₃		GeP
△Al (OC ₂ H ₅) ₂		InP
△Al (OC ₂ H ₅) ₂		InAs
○Al (CH ₃) ₂		他の半導体基板
○Al (C ₂ H ₅) ₂		MgO
○Al (C ₂ H ₅) ₂		Al ₂ O ₃
○Al (C ₂ H ₅) ₂		ガラス
○Al (C ₂ H ₅) ₂		他の絶縁体基板
○Al (C ₂ H ₅) ₂		金属
○Al (C ₂ H ₅) ₂		プラスチックス
○Al (C ₂ H ₅) ₂		ポリマー
○Al (C ₂ H ₅) ₂		ステンレス

D. セレン化物薄膜		
1. [セレン化亜鉛]		
薄膜を形成させる 金属化合物	薄膜を形成させる セレン化剤	基板
△Zn F ₂	○Se ₂ Cl ₂	Si
△Zn Cl ₂	△SeCl ₄	SiO ₂
△Zn Br ₂	○SeOCl ₂	GaAs
△Zn I ₂		InP
△Zn (OC ₂ H ₅) ₂		InAs
△Zn (C ₂ H ₅) ₂		他の半導体基板
○Zn (CH ₃) ₂	○Se ₂ Br ₂	MgO
○Zn (C ₂ H ₅) ₂	△SeBr ₄	Al ₂ O ₃
△Zn O	○Se (CH ₃) ₂	ガラス
△Zn CO ₂	○Se (C ₂ H ₅) ₂	他の絶縁体基板
△Zn (AcAc) ₂		金属
△Zn (DPM) ₂		プラスチックス
△Zn (HFA) ₂		ポリマー

2. [硫化ジルコニアム]		
薄膜を形成させる 金属化合物		
△Zr F ₄	N ₂	Si
△Zr Cl ₄	N	SiO ₂
△Zr Br ₄	NH ₃	GaAs
△Zr I ₄		GeP
△Zr (OC ₂ H ₅) ₂		InP
△Zr (C ₂ H ₅) ₂		InAs
○Zr (CH ₃) ₂		他の半導体基板
○Zr (C ₂ H ₅) ₂		MgO
○Zr O ₂		Al ₂ O ₃
○Zr (AcAc) ₂		ガラス
○Zr (DPM) ₂		他の絶縁体基板
○Zr (HFA) ₂		金属
○Zr (BH) ₄		プラスチックス
○Zr (NICH ₃) ₂		ポリマー
○Zr (NICH ₃) ₂		ステンレス

[図32]

13. 硫化インジウム		
薄膜を形成させる 金属化合物		
△In F ₃	薄膜を形成させる 硫化剤	基板
△In Cl ₃	N ₂	Si
△In Br ₃	NH ₃	SiO ₂
△In I ₃		GaAs

△In (CH ₃) ₂	薄膜を形成させる 他の半導体基板
○In (C ₂ H ₅) ₂	MgO
○In (C ₂ H ₅) ₂	ガラス
○In (C ₂ H ₅) ₂	他の絶縁体基板
○In O ₂	金属
△In (AcAc) ₂	プラスチックス
△In (DPM) ₂	ポリマー
△In (HFA) ₂	ステンレス

14. 硫化鉛		
薄膜を形成させる 金属化合物		
△Pb F ₂	薄膜を形成させる 硫化剤	基板
△Pb Cl ₂	N ₂	Si
△Pb Br ₂	NH ₃	SiO ₂
△Pb I ₂		GaAs
△Pb (CH ₃) ₂		GeP
○Pb (CH ₃) ₂		InP
○Pb (C ₂ H ₅) ₂		InAs
○Pb (C ₂ H ₅) ₂		他の半導体基板
○Pb O ₂		MgO
○Pb (C ₂ H ₅) ₂		Al ₂ O ₃
○Pb O ₂		ガラス
○Pb (C ₂ H ₅) ₂		他の絶縁体基板
○Pb O ₂		金属
○Pb O ₂		プラスチックス
○Pb O ₂		ポリマー
○Pb O ₂		ステンレス

【図28】

5. [塗化スカンジナビウム]
薄膜を形成させる
金属化合物
 $\triangle Sc_2O_3$

薄膜を形成させる
塗化剤
 N_2
 SiO_2
 NH_3

基板

Si
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
他の半導体基板
 MgO
 Al_2O_3
ガラス
他の絶縁体基板
金属
プラスチック
ポリマー
ステンレス

7. [塗化マグネシウム]
薄膜を形成させる
金属化合物
 $\triangle MgF_3$
 $\triangle MgCl_2$
 $\triangle MgBr_2$
 $\triangle MgI_2$
 $\triangle Mg(OCH_3)_2$
 $\triangle Mg(OC_2H_5)_2$
 $\triangle Mg(OC_3H_7)_2$
 $\triangle MgO$
 $\triangle MgCO_3$
 $\triangle Mg(AcAc)_2$
 $\triangle Mg(DPM)_2$
 $\triangle Mg(HFA)_2$

【図29】

薄膜を形成させる
塗化剤
 N_2
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
他の半導体基板
 MgO
 Al_2O_3
ガラス
他の絶縁体基板
金属
プラスチック
ポリマー
ステンレス

6. [塗化チタニウム]
薄膜を形成させる
金属化合物
 $\triangle TiCl_4$
 $\bigcirc TiCl_4$
 $\triangle AlBr_4$
 $\triangle TiI_4$
 $\triangle Ti(OCH_3)_4$
 $\bigcirc Ti(OC_2H_5)_4$
 $\bigcirc Ti(OC_3H_7)_4$
 $\bigcirc Ti(OC_4H_9)_4$
 $\triangle TiO_2$
 $\triangle Ti(AcAc)_2$
 $\triangle Ti(AcAc)_2Cl_2$
 $\triangle Ti(DPM)_2$
 $\triangle Ti(HFA)_2Cl_2$

薄膜を形成させる
塗化剤
 N_2
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
他の半導体基板
 MgO
 Al_2O_3
ガラス
他の絶縁体基板
金属
プラスチック
ポリマー
ステンレス

基板

Si
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
他の半導体基板
 MgO
 Al_2O_3
ガラス
他の絶縁体基板
金属
プラスチック
ポリマー
ステンレス

8. [塗化ケイ素]
薄膜を形成させる
金属化合物
 $\triangle SiF_4$
 $\bigcirc SiCl_4$
 $\bigcirc SiBr_4$
 $\triangle SiI_4$
 $\bigcirc Si(OCH_3)_4$
 $\bigcirc Si(OC_2H_5)_4$
 $\bigcirc Si(OC_3H_7)_4$
 $\bigcirc Si(OC_4H_9)_4$
 $\triangle SiO_2$
 $\bigcirc Si(CH_3)_4$
 $\bigcirc Si(C_2H_5)_4$
 $\bigcirc Si(C_3H_7)_4$
 $\bigcirc Si(C_4H_9)_4$
 $\bigcirc Si(CH_3)_2Cl_2$
 $\bigcirc Si(CH_3)_2Cl_2$
 $\bigcirc Si(C_2H_5)_2Cl_2$
 $\bigcirc Si(C_3H_7)_2Cl_2$
 $\bigcirc Si(C_4H_9)_2Cl_2$
 $\triangle SiO$

薄膜を形成させる
塗化剤
 N_2
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
他の半導体基板
 MgO
 Al_2O_3
ガラス
他の絶縁体基板
金属
プラスチック
ポリマー
ステンレス

【図30】

9. [塗化ベリリウム]
薄膜を形成させる
金属化合物
 $\triangle BeF_3$
 $\triangle BeCl_3$
 $\triangle BeBr_3$
 $\triangle BeI_3$
 $\triangle Be(CH_3)_3$
 $\bigcirc Be(C_2H_5)_3$
 $\bigcirc Be(C_3H_7)_3$
 $\bigcirc Be(C_4H_9)_3$
 $\triangle BeO$

薄膜を形成させる
塗化剤
 N_2
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
他の半導体基板
 MgO
 Al_2O_3
ガラス
他の絶縁体基板
金属
プラスチック
ポリマー
ステンレス

基板

Si
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
他の半導体基板
 MgO
 Al_2O_3
ガラス
他の絶縁体基板
金属
プラスチック
ポリマー
ステンレス

10. [塗化ビスマス]
薄膜を形成させる
金属化合物
 $\triangle BiF_3$
 $\triangle BiCl_3$
 $\triangle BiBr_3$
 $\triangle BiI_3$
 $\bigcirc Bi(CH_3)_3$
 $\triangle BiCl_2$
 $\triangle Bi_2O_3$
 $\triangle BiOC_1$
 $\triangle Bi(AcAc)_2$
 $\triangle Bi(DPM)_2$
 $\triangle Bi(HFA)_2$

薄膜を形成させる
塗化剤
 N_2
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
他の半導体基板
 MgO
 Al_2O_3
ガラス
他の絶縁体基板
金属
プラスチック
ポリマー
ステンレス

基板

Si
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
他の半導体基板
 MgO
 Al_2O_3
ガラス
他の絶縁体基板
金属
プラスチック
ポリマー
ステンレス

[図31]

11. [窒化ガリウム]

薄膜を形成させる
金属化合物
 $\triangle Ga F_3$
 $\triangle Ga Cl_3$
 $\triangle Ga Br_3$
 $\triangle Ga I_3$
 $\triangle Ga (OCH_3)_3$
 $\triangle Ga (OC_2H_5)_3$
 $\triangle Ga (OC_3H_7)_3$
 $\triangle Ga (OC_4H_9)_3$
 $\bigcirc Ga (CH_3)_3$
 $\bigcirc Ga (C_2H_5)_3$
 $\bigcirc Ga (C_3H_7)_3$
 $\bigcirc Ga (C_4H_9)_3$
 $\triangle Ga (CH_3)_2Cl$
 $\triangle Ga (CH_3)_2Cl_2$
 $\bigcirc Ga (C_2H_5)_2Cl$
 $\triangle Ga (C_3H_7)_2Cl$
 $\triangle Ga (C_4H_9)_2Cl$
 $\triangle Ga (CH_3)_2Cl_2$
 $\bigcirc Ga (C_2H_5)_2Cl_2$
 $\bigcirc Ga (C_3H_7)_2Cl_2$
 $\bigcirc Ga (C_4H_9)_2Cl_2$
 $\triangle Ga (HFA)_3$

薄膜を形成させる
窒化剤
 N_2
 N
 NH_3

基板

Si
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
 他の半導体基板
 MgO
 Al_2O_3
 ガラス
 他の絶縁体基板
 金属
 プラスチック
 ポリマー
 ステンレス

15. [窒化アンチモン]

薄膜を形成させる
金属化合物
 $\triangle Sb F_3$
 $\triangle Sb Cl_3$
 $\triangle Sb Br_3$
 $\triangle Sb I_3$
 $\triangle Sb (OCH_3)_3$
 $\bigcirc Sb (OC_2H_5)_3$
 $\bigcirc Sb (OC_3H_7)_3$
 $\bigcirc Sb (OC_4H_9)_3$
 $\bigcirc Sb (CH_3)_3$
 $\bigcirc Sb (C_2H_5)_3$
 $\bigcirc Sb (C_3H_7)_3$
 $\bigcirc Sb (C_4H_9)_3$
 $\triangle Sb_2O_3$
 $\bigcirc Sb F_5$
 $\bigcirc Sb Cl_5$

[図33]

薄膜を形成させる
窒化剤
 N_2
 N
 NH_3

基板

Si
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
 他の半導体基板
 MgO
 Al_2O_3
 ガラス
 他の絶縁体基板
 金属
 プラスチック
 ポリマー
 ステンレス

12. [窒化ゲルマニウム]

薄膜を形成させる
金属化合物
 $\triangle Ge F_4$
 $\bigcirc Ge Cl_4$
 $\bigcirc Ge Br_4$
 $\triangle Ge I_4$
 $\bigcirc Ge (OCH_3)_4$
 $\bigcirc Ge (OC_2H_5)_4$
 $\triangle Ge (OC_3H_7)_4$
 $\triangle Ge (OC_4H_9)_4$
 $\bigcirc Ge (CH_3)_4$
 $\bigcirc Ge (C_2H_5)_4$
 $\bigcirc Ge (C_3H_7)_4$
 $\bigcirc Ge (C_4H_9)_4$
 $\bigcirc Ge (CH_3)_2Cl_2$
 $\bigcirc Ge (CH_3)_2Cl_2$
 $\bigcirc Ge (C_2H_5)_2Cl_2$
 $\bigcirc Ge (C_3H_7)_2Cl_2$
 $\bigcirc Ge (C_4H_9)_2Cl_2$
 $\triangle Ge O_2$

薄膜を形成させる
窒化剤
 N_2
 N
 NH_3

基板

Si
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
 他の半導体基板
 MgO
 Al_2O_3
 ガラス
 他の絶縁体基板
 金属
 プラスチック
 ポリマー
 ステンレス

16. [窒化亜鉛]

薄膜を形成させる
金属化合物
 $\triangle Zn F_4$
 $\triangle Zn Cl_4$
 $\triangle Zn Br_4$
 $\triangle Zn I_4$
 $\triangle Zn (OCH_3)_4$
 $\triangle Zn (OC_2H_5)_4$
 $\triangle Zn (OC_3H_7)_4$
 $\triangle Zn (OC_4H_9)_4$
 $\triangle Zn O$
 $\triangle Zn CO$
 $\triangle Zn (AcAc)_4$
 $\triangle Zn (DPM)_4$
 $\triangle Zn (HFA)_4$

薄膜を形成させる
窒化剤
 N_2
 N
 NH_3

基板

Si
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
 他の半導体基板
 MgO
 Al_2O_3
 ガラス
 他の絶縁体基板
 金属
 プラスチック
 ポリマー
 ステンレス

[図34]

17. [窒化タンゲステン]

薄膜を形成させる
金属化合物
 $\bigcirc W F_6$
 $\triangle W Cl_6$
 $\triangle W O_6$
 $\triangle W O_3$

薄膜を形成させる
窒化剤
 N_2
 N
 NH_3

基板

Si
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
 他の半導体基板
 MgO
 Al_2O_3
 ガラス
 他の絶縁体基板
 金属
 プラスチック
 ポリマー
 ステンレス

19. [窒化バナジウム]

薄膜を形成させる
金属化合物
 $\triangle V F_5$
 $\triangle V Cl_5$
 $\triangle V Br_5$
 $\triangle V I_5$
 $\triangle V (OCH_3)_5$
 $\bigcirc V (OC_2H_5)_5$
 $\bigcirc V (OC_3H_7)_5$
 $\bigcirc V (OC_4H_9)_5$
 $\bigcirc V OCl_5$
 $\triangle V O$
 $\bigcirc V Cl_4$
 $\triangle V O_3$

薄膜を形成させる
窒化剤
 N_2
 N
 NH_3

基板

Si
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
 他の半導体基板
 MgO
 Al_2O_3
 ガラス
 他の絶縁体基板
 金属
 プラスチック
 ポリマー
 ステンレス

18. [窒化モリブデン]

薄膜を形成させる
金属化合物
 $\bigcirc Mo F_6$
 $\triangle Mo Cl_6$
 $\triangle Mo O_6$
 $\triangle Mo O_3$

薄膜を形成させる
窒化剤
 N_2
 N
 NH_3

基板

Si
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
 他の半導体基板
 MgO
 Al_2O_3
 ガラス
 他の絶縁体基板
 金属
 プラスチック
 ポリマー
 ステンレス

20. [窒化鉄]

薄膜を形成させる
金属化合物
 $\triangle Cu (CH_3)_2P(C_2H_5)_2$
 $\triangle Cu F_5$
 $\triangle Cu Br_5$
 $\triangle Cu Cl_5$
 $\triangle Cu O$
 $\triangle Cu (AcAc)_5$
 $\triangle Cu (DPM)_5$
 $\triangle Cu (HFA)_5$

薄膜を形成させる
窒化剤
 N_2
 N
 NH_3

基板

Si
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
 他の半導体基板
 MgO
 Al_2O_3
 ガラス
 他の絶縁体基板
 金属
 プラスチック
 ポリマー
 ステンレス

【図36】

21. [塗化ニッケル]

薄膜を形成させる
金属化合物
 $\triangle Ni(C_6H_5)_2$
 $\triangle Ni(CH_3C_6H_5)_2$
 $\triangle NiF_2$
 $\triangle NiCl_2$
 $\triangle NiBr_2$
 $\triangle NiI_2$
 $\triangle NiO$
 $\triangle Ni_2O_3$
 $\triangle NiCO_3$
 $\triangle Ni(AcAc)_2$
 $\triangle Ni(DPM)_2$
 $\triangle Ni(HFA)_2$

薄膜を形成させる
塗化剤
 N_2
 N
 NH_3

基板

23. [塗化マンガン]

薄膜を形成させる
金属化合物
 $\triangle MnO$
 $\triangle Mn_2O_3$
 $\triangle MnF_2$
 $\triangle MnCl_2$
 $\triangle MnBr_2$
 $\triangle MnI_2$
 MgO
 Al_2O_3
 $ガラス$
 $他の绝缘体基板$
 $金属$
 $プラスチック$
 $ポリマー$
 $ステンレス$

【図37】

基板

Si
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
 $他の半導体基板$
 MgO
 Al_2O_3
 $ガラス$
 $他の绝缘体基板$
 $金属$
 $プラスチック$
 $ポリマー$
 $ステンレス$

22. [塗化鉄]

薄膜を形成させる
金属化合物
 $\triangle Fe(C_6H_5)_2$
 $\triangle Fe(CH_3C_6H_5)_2$
 $\triangle FeF_2$
 $\triangle FeCl_2$
 $\triangle FeBr_2$
 $\triangle FeI_2$
 $\triangle FeO$
 $\triangle Fe_2O_3$
 $\triangle Fe_3O_4$
 $\triangle Fe(AcAc)_2$
 $\triangle Fe(DPM)_2$
 $\triangle Fe(HFA)_2$
 $\triangle FeF_3$
 $\triangle FeCl_3$
 $\triangle FeBr_3$
 $\triangle Fe(OCH_3)_2$
 $\triangle Fe(OCH_2)_2$

薄膜を形成させる
塗化剤
 N_2
 N
 NH_3

基板

24. [塗化クロム]

薄膜を形成させる
金属化合物
 $\triangle Cr(C_6H_5)_2$
 $\triangle Cr(CH_3C_6H_5)_2$
 $\triangle CrF_2$
 $\triangle CrCl_2$
 $\triangle CrBr_2$
 $\triangle CrO_2Cl_2$
 $\triangle Cr_2O_3$
 $\triangle CrO_3$
 $\triangle Cr(AcAc)_2$
 $\triangle Cr(DPM)_2$
 $\triangle Cr(HFA)_2$
 $\triangle CrF_3$
 $\triangle CrCl_3$
 $\triangle CrBr_3$

薄膜を形成させる
塗化剤
 N_2
 N
 NH_3

Si
 SiO_2
 $GaAs$
 GaP
 InP
 $InAs$
 $他の半導体基板$
 MgO
 Al_2O_3
 $ガラス$
 $他の绝缘体基板$
 $金属$
 $プラスチック$
 $ポリマー$
 $ステンレス$